



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE BRAZO
ROBÓTICO QUE REALIZA CONTROL DE CALIDAD CON
VISIÓN ARTIFICIAL, PARA EL LABORATORIO DE
AUTOMATIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”**

Trabajo de titulación para optar el grado académico de:
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR: GARCÉS HERNÁNDEZ ERIK DANIEL

TUTOR: OROZCO JHONNY MARCELO

ASESOR: GARCÍA EDUARDO

Riobamba- Ecuador

2017

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-06-28

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

ERIK DANIEL GARCÉS HERNÁNDEZ

Titulado:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE BRAZO
ROBÓTICO QUE REALIZA CONTROL DE CALIDAD CON
VISIÓN ARTIFICIAL, PARA EL LABORATORIO DE
AUTOMATIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

**Ing. Carlos Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

**Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos
DIRECTOR**

**Ing. Eduardo Francisco García Cabezas
ASESOR**

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ERIK DANIEL GARCÉS HERNÁNDEZ

TRABAJO DE TITULACIÓN:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE BRAZO ROBÓTICO QUE REALIZA CONTROL DE CALIDAD CON VISIÓN ARTIFICIAL, PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 18 de Abril 2017

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Homero Almendariz Puente PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos TUTOR			
Ing. Eduardo Francisco García Cabezas ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de titulación que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Erik Daniel Garcés Hernández

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Erik Daniel Garcés Hernández, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Erik Daniel Garcés Hernández
Cédula de Identidad: 060381119-1

AGRADECIMIENTO

MI FAMILIA, TODOS Y CADA UNO DE USTEDES HAN DESTINADO TIEMPO PARA ENSEÑARME NUEVAS COSAS, PARA BRINDARME APORTES INVALUABLES QUE SERVIRÁN PARA TODA MI VIDA, ESTUVIERON PRESENTES EN LA EVOLUCIÓN Y DESARROLLO TOTAL DE MI PROYECTO, LES AGRADEZCO INFINITAMENTE.

DEDICATORIA

A MIS PADRES QUE, CON SU AMOR INCONDICIONAL, TRABAJO Y SACRIFICIO EN
TODOS ESTOS AÑOS HAN SEMBRADO EN MI LOS VALORES NECESARIOS PARA
SER UN HOMBRE DE BIEN Y ÚTIL A LA SOCIEDAD.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. MARCO REFERENCIAL	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 <i>Objetivo General</i>	5
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	5
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. La Automatización.....	6
2.1.1. <i>Niveles de Automatización</i>	6
2.1.2. <i>Prototipo Tecnológico</i>	7
2.2. La Robótica.....	7
2.2.1. <i>Robot</i>	7
2.2.2. <i>Clasificación de los robots</i>	7
2.3. Brazo robótico	8
2.3.1. <i>Configuraciones y Paramentos característicos de los robots industriales.</i>	9
2.3.2. <i>Parámetros que caracterizan a los robots industriales</i>	10
2.3.3. <i>Aplicaciones de la robótica en la industria</i>	12
2.3.4. <i>Paletización</i>	13
2.3.5. <i>Manipulación de materiales</i>	13
2.4. Visión Artificial.....	14
2.4.1. <i>Las principales aplicaciones de la visión artificial en la industria</i>	14
2.4.2. <i>Secuencia en el proceso operativo</i>	15
2.4.3. <i>Diagrama de Bloques</i>	16
2.4.4. <i>Cámara</i>	16
2.4.5. <i>Componentes o elementos de un sistema de visión artificial</i>	17
2.4.6. <i>Inspección Automatizada Mediante Sistemas de Visión</i>	17
2.5. Banda transportadora.....	18
2.5.1. <i>Tipos de fabricación:</i>	18
2.5.2. <i>Elementos de la banda transportadora</i>	19

2.6.	Sensores y Actuadores.....	21
2.6.1.	<i>Sensor IR infrarrojo: Detector de obstáculos infrarrojo.....</i>	21
2.6.2.	<i>Transistor.....</i>	22
2.6.3.	<i>Led</i>	23
2.6.4.	<i>Relé.....</i>	23
2.6.5.	<i>Motor DC.....</i>	23
2.6.6.	<i>Servomotor.....</i>	24
2.6.7.	<i>Bomba de vacío</i>	26
2.7.	Arduino.....	26
2.7.1.	<i>Arduino aplicaciones.....</i>	27
2.7.2.	<i>Arduino Uno</i>	27
2.8.	LIFA BASE	28
2.8.1.	<i>Librería Interface Arduino – LabVIEW.....</i>	29
2.9.	Herramientas de Software.....	30
2.9.1.	<i>LabVIEW - Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench.....</i>	30
2.9.2.	<i>SolidWorks Educacional.....</i>	35
3.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO	36
3.1.	Parámetros de diseño	36
3.2.	Variables de Diseño.....	36
3.2.1.	<i>Material para la estructura o base.....</i>	36
3.2.2.	<i>Material y dimensiones de la Banda transportadora</i>	37
3.2.3.	<i>Motor DC para la banda trasportadora.....</i>	40
3.2.4.	<i>Sensores</i>	42
3.2.5.	<i>Cámara</i>	43
3.2.6.	<i>Brazo Robótico</i>	45
3.2.6.1.	<i>Pinza</i>	48
3.2.6.2.	<i>Pinza de vacío (ventosa).....</i>	49
3.3.	Diseño del prototipo tecnológico.....	50
3.3.1.	<i>Soporte de la cámara.....</i>	51
3.3.2.	<i>Soporte Tarjetas electrónicas y Bomba de vacío.....</i>	54
3.3.3.	<i>Soporte Brazo Robótico.....</i>	57
3.3.4.	<i>Banda trasportadora</i>	60
3.3.5.	<i>Base del prototipo tecnológico</i>	64
3.3.6.	<i>Diseño final de prototipo tecnologico</i>	67

3.4.	Construcción del equipo	68
3.4.1.	<i>Construcción Base del prototipo tecnológico</i>	68
3.4.2.	<i>Construcción de Banda</i>	68
3.4.3.	<i>Construcción soporte de cámara</i>	70
3.4.4.	<i>Construcción Soporte de Brazo Robótico y Tarjetas Electrónicas</i>	71
3.4.5.	<i>Diseño del circuito</i>	74
3.5.	Desarrollo de la Aplicación	75
3.5.1.	<i>Medición de elementos rectangulares: Panel frontal “Medir elementos rectangulares”</i>	75
3.5.2.	<i>Medir elementos circulares: Panel frontal “Medir elementos circulares”</i>	76
3.5.3.	<i>Clasificación de Colores: Panel Frontal “Clasificación de colores”</i>	77
3.5.4.	<i>Reconocimiento de figuras: Panel Frontal “Clasificación de figuras”</i>	78
3.6.	Programación.....	79
3.6.1.	<i>Transporte y detección del elemento</i>	79
3.6.2.	<i>Visión Artificial</i>	80
3.6.2.1.	<i>Adquisición de imágenes</i>	80
3.6.2.2.	<i>Procesamiento de imágenes</i>	80
3.6.2.3.	<i>Medición de elementos rectangulares</i>	80
3.6.2.4.	<i>Medición de elementos circulares</i>	81
3.6.2.5.	<i>Clasificación de colores</i>	82
3.6.2.6.	<i>Clasificación de figuras</i>	83
3.6.3.	<i>Manipulación de objetos</i>	84
3.6.4.	<i>Registro y Captura de imagen</i>	89
3.6.5.	<i>Contador</i>	89
3.6.6.	<i>Registro en tablas</i>	90
3.6.7.	<i>Reporte en Excel</i>	90
3.7.	Pruebas y funcionamiento.....	90
3.7.1.	<i>Clasificación de Colores</i>	91
3.7.2.	<i>Clasificación de Figuras</i>	92
3.7.3.	<i>Medición de Elementos Rectangulares</i>	93
3.7.4.	<i>Medición de Elementos Circulares</i>	95
3.7.5.	<i>Comparación de medias de los 4 procesos de medición</i>	96
4.	ESTUDIO DE COSTOS	98
4.1.	Costos directos.....	98

4.2.	Costos indirectos.....	99
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
5.1	Conclusiones.....	100
5.2	Recomendaciones	101

Bibliografía

Anexos

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-2. Niveles de Automatización.....	7
Tabla 2-2 Clasificación de los robots.....	8
Tabla 3-2. Configuraciones y Paramentos característicos de los robots industriales.....	10
Tabla 4-2. Librería Interfaz Arduino – LabVIEW	30
Tabla 5-2. Estructuras de programación LabVIEW	31
Tabla 6-2. Bloques de programación – Adquisición de imagen	33
Tabla 7-2. Bloques de programación – Visión Artificial.	34
Tabla 8-3. Ancho de banda normalizada.....	37
Tabla 9-3. Características Cintra transportadora.....	37
Tabla 10-3. Diámetro de rodillo – Banda trasportadora.....	38
Tabla 11-3. Características Tambor motriz – Banda trasportadora.....	38
Tabla 12-3. Características Tambor tensor – Banda transportadora	38
Tabla 13-3. Tabla de selección de motor – Características.....	41
Tabla 14-3. Tabla de ponderaciones – Selección de motor.....	41
Tabla 15-3. Tabla comparativa de selección de sensores – Características	42
Tabla 16-3. Tabla de ponderaciones -Selección de sensores.	43
Tabla 17-3. Selección de Cámara – Características	44
Tabla 18-3. Selección de Cámara – Tabla de ponderaciones.....	44
Tabla 19-3. Selección de brazo robótico – Características	46
Tabla 20-3. Selección de brazo robótico – Tabla de ponderaciones	46
Tabla 21-3. Selección de pinza – Características	48
Tabla 22-3. Selección de pinza – Tabla de ponderaciones	48
Tabla 23-3. Calculo de masa – Soporte de cámara.	51
Tabla 24-3. Calculo de masa – Soporte tarjetas electrónicas y bomba de vacio.....	54
Tabla 25-3. Calculo de masa – Soporte brazo robótico	57
Tabla 26-3. Cálculo de masa – Banda trasportadora.....	61
Tabla 27-3. Calculo de masa – Base prototipo tecnológico.	65
Tabla 28-3. Construcción de base del prototipo tecnológico.	68
Tabla 29-3. Contrición elementos estructurales - Banda transportadora	69
Tabla 30-3. Construcción elementos motrices – Banda transportadora.....	70
Tabla 31-3. Construcción soporte de la cámara	70
Tabla 32-3. Construcción de cubierta - Cámara.....	71
Tabla 33-3. Construcción Base Brazo robótico y tarjetas electrónicas.....	71

Tabla 34-3. Ensamble prototipo tecnológico	73
Tabla 35-3. Conección de arduino – sensores y actuadores.....	74
Tabla 36-3. Tiempos de respuesta – Clasificación de colores	91
Tabla 37-3. Porcentaje de velocidad – Clasificación de colores.....	92
Tabla 38-3. Tiempos de respuesta – Clasificación de Figuras	93
Tabla 39-3. Porcentaje de velocidad – Clasificación de figuras	93
Tabla 40-3. Tiempos de respuesta – Medición de elementos rectangulares.	94
Tabla 41-3. Porcentaje de velocidad – Medición de elementos rectangulares.....	94
Tabla 42-3. Tiempos de respuesta – Medición de elementos circulares.	95
Tabla 43-3. Porcentaje de velocidad – Medición de elementos circulares	96
Tabla 44-3. Comparación de tiempos de respuesta.....	96
Tabla 45-3. Porcentaje de velocidad global	97
Tabla 46-4. Costos Directos.....	99
Tabla 47-4. Costos Indirectos	99

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-2. Aplicación de la robótica en la industria.-----	12
Figura 2-2 Paletización-----	13
Figura 3-2. Manipulación de Materiales-----	13
Figura 4-2. Visión Artificial -----	14
Figura 5-2 Aplicaciones de la Visión Artificial en la Industria-----	14
Figura 6-2 Secuencia del proceso operativo -----	15
Figura 7-2 Diagrama de Bloques-----	16
Figura 8-2 Elementos del Sistema de Visión Artificial-----	17
Figura 9-2 Banda Transportadora. -----	18
Figura 10-2 Tipos de Fabricación-----	19
Figura 11-2. Rodillos de apoyo. -----	19
Figura 12-2. Estación de accionamiento simple con cabeza de vertido -----	20
Figura 13-2. Estación de accionamiento con dos cabezas motrices en tándem -----	20
Figura 14-2. Estación de accionamiento con dos cabezas motrices en tándem y cabezal de vertido. -----	20
Figura 15-2. Estación tensora-----	20
Figura 16-2. Estación tensora con una banda especial de apriete-----	21
Figura 17-2. Sensor IR. -----	21
Figura 18-2. Esquema eléctrico.-----	22
Figura 19-2. Transistor-----	22
Figura 20-2. Led. -----	23
Figura 21-2. Relé. -----	23
Figura 22. Motor DC. -----	24
Figura 23-2. Principio de Funcionamiento. -----	24
Figura 24-2. Servomotor. -----	25
Figura 25-2. Funcionamiento de un Servomotor.-----	25
Figura 26-2. Funcionamiento de un servomotor. -----	25
Figura 27-2. Bomba de vacío. -----	26
Figura 28-2. Arduino Logo. -----	26
Figura 29-2. Arduino Uno R3.-----	27
Figura 30-2. Lifa Base.-----	28
Figura 31-3. Toolkit LabVIEW – Arduino-----	29
Figura 32-2. Bloque de programación Vision Assistant-----	34

Figura 33-3. Cedral Perfil 2350 -----	36
Figura 34-2. Configuración de la banda transportadora -----	39
Figura 35-3. Diagrama de cuerpo libre -----	39
Figura 36-3. Motor DC para la banda transportadora.-----	41
Figura 37-3. Sensor IR Infrarrojo – Características-----	43
Figura 38-3. Cámara WCF2750HDRED-CP10-----	45
Figura 39-3. DIY C4 4-Axis Servos Control Palletizing Robot Arm-----	46
Figura 40-3. Pinza de vacío (ventosa)-----	49
Figura 41-3. Codo para pinza de vacío -----	49
Figura 42-3. Airpo D028B -----	49
Figura 43-3. Diseño del prototipo tecnológico -----	50
Figura 44-3. Acotación Diseño de Prototipo tecnológico -----	51
Figura 45-3. Soporte de la cámara -----	52
Figura 46-3. Tensión de Von Mises – Soporte de la cámara -----	52
Figura 47-3. Análisis de deformación del material – Soporte de la cámara -----	53
Figura 48-3. Soporte Tarjetas electrónicas y Bomba de vacío -----	55
Figura 49-3. Tensión de Von Mises - Soporte Tarjetas electrónicas y Bomba de vacío -----	55
Figura 50-3. Análisis de Deformación de Material-----	56
Figura 51-3. Soporte Brazo Robótico -----	58
Figura 52-3. Tensión de Von Mises - Soporte Brazo Robótico-----	58
Figura 53-3. Análisis de deformación del material - Soporte Brazo Robótico-----	59
Figura 54-3. Banda transportadora -----	62
Figura 55-3. Tensión de Van Mises – Banda transportadora -----	62
Figura 56-3. Análisis de deformación del material – Banda transportadora-----	63
Figura 57-3. Base del prototipo tecnológico-----	65
Figura 58-3. Tensión de Van Mises - Base del prototipo tecnológico-----	65
Figura 59-3. Análisis de deformación del material - Base del prototipo tecnológico-----	66
Figura 60-3. Prototipo Tecnológico Diseño final -----	67
Figura 61-3. Prototipo tecnológico Construcción completa -----	73
Figura 62-3. Diseño de Circuito. -----	74
Figura 63-3. Panel frontal “Medir elementos rectangulares”-----	75
Figura 64-3. Algoritmo del programa “Medir elementos rectangulares”. -----	76
Figura 65-3. Panel frontal “Medir elementos circulares” -----	76
Figura 66-3. Algoritmo del programa “Medir elementos circulares”. -----	77
Figura 67-3. Panel Frontal “Clasificación de colores”-----	77
Figura 68-3. Algoritmo del programa -----	78

Figura 69-3. Panel Frontal “Clasificación de figuras” -----	78
Figura 70-3. Algoritmo del Programa-----	79
Figura 71-3. Sub VI - Transporte y detección del elemento. -----	79
Figura 72-3. Adquisición de imágenes.-----	80
Figura 73-3. Medición de elementos rectangulares -----	80
Figura 74-3. Controles medición de elementos rectangulares-----	81
Figura 75-3. Medición de elementos rectangulares - Programación Diagrama de Bloques -----	81
Figura 76-3. Medición de elementos circulares -----	81
Figura 77-3. Controles - Medición de elementos circulares -----	82
Figura 78-3. Medición de elementos circulares – Programación en diagrama de bloques -----	82
Figura 79-3. Clasificación de colores -----	82
Figura 80-3. Controles – Clasificación de colores-----	83
Figura 81-3. Clasificación de colores – Programación en Diagrama de Bloques -----	83
Figura 82-3. Clasificación de figuras-----	83
Figura 83-3. Controles – Clasificación de figuras -----	84
Figura 84-3. Clasificación de figuras - Programación en Diagrama de bloques-----	84
Figura 85-3. SubVI 1 Control de 1 Servomotor-----	85
Figura 86-3. Sub VI 2. – Control de 2 Servomotores -----	85
Figura 87-3. Posiciones de brazo robótico -----	86
Figura 88-3. Posición inicial - Brazo Robótico.-----	86
Figura 89-3. Posición de sujeción de elementos – Brazo Robótico.-----	86
Figura 90-3. Posición 1 – Brazo Robótico. -----	87
Figura 91-3. Posición 2 – Brazo Robótico. -----	87
Figura 92-3. Posición 3 – Brazo Robótico. -----	87
Figura 93-3. Posición 4 – Brazo Robótico. -----	88
Figura 94-3. Posición 5 – Brazo Robótico. -----	88
Figura 95-3. Posición 6 – Brazo Robótico. -----	88
Figura 96-3. Registro y Captura de imagen-----	89
Figura 97-3. Guardar la imagen capturada. -----	89
Figura 98-3. Contador-----	89
Figura 99-3. Registro de datos en tabla-----	90
Figura 100-3. Reporte en Excel -----	90

TABLA DE ANEXOS

- A. MANUAL DE OPERACIONES
- B. PLANOS

RESUMEN

Se presenta el diseño y construcción de un prototipo tecnológico cuyo objetivo es clasificar objetos por su color, forma, medir elementos circulares y rectangulares mediante visión artificial utilizando un brazo robótico. El prototipo tecnológico se diseñó en SolidWorks Educacional, la estructura fue construida con el perfil de aluminio 2350 del catálogo Cedal, la banda transportadora consta de un tambor motriz, tensor, soportes laterales y un motor DC que se seleccionó según la potencia requerida, el sensor y el brazo robótico se seleccionó, a través de un análisis de las características técnicas del fabricante, el prototipo es controlado con un Arduino Uno, programado en LabVIEW gracias a la librería Lifa Base que permite la comunicación LabVIEW-Arduino. La aplicación desarrollada mantiene la banda transportadora en movimiento hasta cuando el sensor detecta un objeto, la detiene y activa la cámara, captura las imágenes, las procesa y el brazo robótico mueve el objeto según lo programado en el sistema de visión artificial, también permite extraer un documento en Excel de la cantidad de elementos inspeccionados, sus medidas, la fecha, hora y un registro de imágenes. Las pruebas de funcionamiento están realizadas en base a los tiempos de respuesta del prototipo tecnológico y un operario de género masculino y femenino, se realizaron 20 mediciones para cada función y al analizar los datos en conjunto se determinó que el prototipo tecnológico es más veloz y confiable en un 14,68% que los operarios. Concluimos que un sistema de visión artificial integra varios componentes, optimizando tiempo y recursos en la clasificación y medición de elementos, la visión artificial tiene diversas aplicaciones que se deben investigar y pueden ser utilizadas en la industria que cada vez es más competitiva.

PALABRAS CLAVES: <AUTOMATIZACION>, <ROBOTICA>, <LABVIEW (SOFTWARE)>, <VISION ARTIFICIAL>, <CLASIFICADOR>, <ARDUINO>, <LIFA BASE (BIBLIOTECA DE PROGRAMACION)>, <SOLIDWORKS (SOFTAWARE)>.

ABSTRACT

We present the design and construction of a technological prototype whose objective is to classify objects by their color, shape, measure circular and rectangular elements by means of artificial vision using a robotic arm. The technological prototype was designed in SolidWorks Educational. The structure was built with aluminum profile 2350 Cedral catalog, the conveyor belt consists of a driving drum, sensor, side supports and a DC motor that was selected according to the required power. The sensor and the robotic arm was selected, through an analysis of the technical characteristics of the manufacturer, the prototype is controlled with an Arduino Uno programmed in LabVIEW thanks to the Lifa Base library that allows LabVIEW-Arduino communication. The developed application keeps the conveyor in motion until the sensor detects an object, stops and activates the camera, captures the images, processes them and moves the object as programmed in the artificial vision system. An Excel document of the number of items inspected, their measurements, the date, time and a record of images. The performance tests are performed based on the response times of the prototype technologist and a male and female operator, 20 measurements were performed for each function and when analyzing the data as a whole, it was determined that the technological prototype is faster and more reliable in 14.68% than the operators. We conclude that an artificial vision system integrates several components, optimizing time and resources in the classification and measurement of elements, the artificial vision has several applications that must be investigated and can be used in the industry that is becoming more competitive.

KEYWORDS: <AUTOMATION>, <ROBOTICS>, <LABVIEW (SOFTWARE)>, <ARTIFICIAL VISION>, <ARDUINO UNO>, <LIFA BASE (PROGRAM LIBRARY)>, <SOLIDWORKS (SOFTWARE)>

INTRODUCCIÓN

Un robot industrial se define como un manipulador programable en tres o más ejes multipropósito, controlado automáticamente y reprogramable(Zabala 2007)

El aprendizaje de la ingeniería industrial debe ser multi e interdisciplinaria que confluyan entre las áreas para la solución de problemas integrales en la industria y el perfeccionamiento de la cadena productiva, por lo que es importante que exista capacitación continua en el diseño, planificación, coordinación, dirección, ejecución, evaluación de procesos de producción y desarrollo industrial, realizando actividades de reingeniería, diseño de plantas industriales, automatización de procesos aplicando modernas técnicas informáticas de mercado sobre la necesidad de fabricar nuevos productos.

En el capítulo I, plantea el problema, la justificación, el objetivo general, y los objetivos específicos planteados para conseguir el alcance del proyecto.

En el capítulo II podemos encontrar el sustento teórico del proyecto y su importancia, los elementos que componen el prototipo tecnológico y su funcionamiento, el protocolo de comunicación de LabVIEW – Arduino, los bloques y estructuras de programación utilizadas.

El capítulo III podemos encontrar como se define la selección de las variables de diseño bajo un criterio técnico que se ajusten al prototipo, el diseño y simulación realizado en SolidWorks comprueba que la estructura resiste la carga que generan los componentes electrónicos, mecánicos y estructurales, se describe la programación realizada en el panel frontal y diagrama de bloques de LabVIEW, y el análisis de pruebas de funcionamiento para determinar la eficiencia del prototipo tecnológico comparándola con operarios.

El capítulo VI detalla los costos directos e indirectos del diseño y construcción del prototipo tecnológico.

Finalmente, en el capítulo V se encuentran las conclusiones y recomendaciones obtenidas una vez concluido el proyecto.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

La construcción de máquinas capaces de desempeñar tareas realizadas por el ser humano, los sistemas basados en estructuras mecánicas poli articuladas, que rempazan al hombre en varias tareas relacionadas con la producción industrial, hacen que los aprendizajes en áreas como mecánica, electrónica, informática, la robótica, inteligencia artificial, sean muy importantes.

La robótica ha evolucionado hacia los sistemas móviles autónomos sin necesidad de supervisión, un robot industrial para los japoneses es un dispositivo mecánico dotado de articulaciones móviles que se puede manipular, mientras que en Europa y Latinoamérica son más exigentes y existe ciertas dudas a la hora de establecer las diferencias. "Un robot industrial es un manipulador multifuncional reprogramable, capaz de mover materias, piezas, herramientas, o dispositivos especiales, según trayectorias variables, programadas para realizar tareas diversas" según la Asociación de Industrias de Robótica(5.4 Robots industriales»)

Un manipulador es un mecanismo formado generalmente por elementos en serie, articulados entre sí, destinado al agarre y desplazamiento de objetos. Es multifuncional y puede ser gobernado directamente por un operador humano o mediante dispositivo lógico.

Robot: manipulador automático servo-controlado, reprogramable, polivalente, capaz de posicionar y orientar piezas, útiles o dispositivos especiales, siguiendo trayectoria variable reprogramables, para la ejecución de tareas variadas. Normalmente tiene la forma de uno o varios brazos terminados en una muñeca. Su unidad de control incluye un dispositivo de memoria y ocasionalmente de percepción del entorno. Normalmente su uso es el de realizar una tarea de manera cíclica, pudiéndose adaptar a otra sin cambios permanentes en su material. Asociación Francesa de Normalización(«Robotic Industries Association on Robotics])

La tecnología de visión artificial o visión por computador incluye métodos para adquirir, procesar, analizar y comprender las imágenes del mundo real con el fin de producir información numérica o simbólica que son tratados por un computador, esto se consigue gracias a distintos campos como la geometría, la estadística, la física y otras disciplinas, la adquisición de los datos se obtiene por

varios medios como secuencias de imágenes, vistas desde varias cámaras de video o datos multidimensionales.

Las nuevas tecnologías de visión artificial aplicadas al control de calidad permiten alta confiabilidad en sus procesos de inspección de los productos como; control de sus etiquetados, cantidad de producto en los envases, defectos en la forma en los elementos inspeccionados permitiendo que estos elementos defectuosos sean retirados de la línea de producción con precisión reduciendo costos, optimizando los recursos, ganando así mayor competitividad en el mercado.

Con el paso del tiempo han aparecido varias generaciones de robots como los robots manipuladores, robots de aprendizaje, los robots de control sensorizado, los robots inteligentes, actualmente los brazos robóticos son los más utilizados en los procesos productivos, como en los sistemas de manufactura, líneas de ensamblaje, manipulación de elementos, control de calidad, ahora los robots son un elemento imprescindible en la mayoría de las industrias, motivando a, investigadores y aficionados a seguir innovando en el campo de la robótica.

La robótica motiva a los estudiantes al diseño y construcción de creaciones propias automatizadas, iniciando como ideas que luego pueden hacerse visibles cuando se pone de manifiesto su creatividad con prototipos o simulaciones trabajadas con diferentes materiales y controladas por un sistema computacional manipulable en tiempo real, llevando a las empresas a que se esfuercen cada día más con la finalidad de industrializarse obteniendo productos de alta calidad (Sánchez, Ángela y Forero Guzmán 2012).

1.2 Planteamiento del problema

Para garantizar una educación de calidad la Ley Orgánica de Educación Superior solicita que las carreras dispongan de laboratorios especializados, centros de simulación y/o talleres, funcionales, equipados que permitan el desarrollo de las actividades académicas y las prácticas de experimentación de los aprendizajes.

Con este contexto, para realizar este proyecto nos encontramos con la interrogante. ¿Cómo diseño y construyo un prototipo tecnológico clasificador de objetos mediante visión artificial utilizando un brazo robótico que sirva a los estudiantes para prácticas de automatización en la carrera de ingeniería industrial?

Los estudiantes de la carrera de ingeniería industrial, necesitan a más de los conocimientos teóricos, los conocimientos prácticos que favorezcan los procesos cognitivos en el aprendizaje de sistemas mecánicos, electrónicos, basados en computadoras, para la inspección operación y control de la producción.

El laboratorio de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH cada día mejora en ámbitos de investigación siendo este un aporte a la industria con prototipos iniciales que posteriormente saldrán al mercado como es el caso de brazo robótico, que realiza clasificación de colores, figuras, medición de elementos circulares y rectangulares con visión artificial para ser utilizado con fines pedagógicos.

1.3 Justificación

El laboratorio de automatización de la carrera de Ingeniería Industrial de la ESPOCH, podrá disponer de un prototipo tecnológico clasificador de objetos mediante visión artificial utilizando un brazo robótico, como una alternativa pedagógica de aprendizaje práctico, motivando a los compañeros a la investigación sobre este tipo de prototipos iniciales, para el desarrollo de las actividades académicas y prácticas de experimentación, reforzando los aprendizajes adquiridos durante la carrera, aspirando a que más tarde puedan ser comercializados en líneas de producción de las empresas industriales, cumpliendo así con una educación de calidad

El diseño y construcción de este prototipo que clasifica figuras, colores, realiza mediciones de elementos rectangulares y circulares mediante visión artificial, se diseñó con la herramienta SolidWorks cuenta con un brazo robótico que manipula los elementos, una cámara web que captura y envía las imágenes al software, está desarrollado en LabVIEW donde se realiza el procesamiento de la imagen y se toma las decisiones para la manipulación de los objetos y los registros de cada elemento.

El Diseño y construcción de máquinas automatizadas capaces de desempeñar tareas realizadas por el ser humano, los sistemas basados en estructuras mecánicas poli articuladas, que remplazan al hombre en varias tareas relacionadas con la producción industrial, hacen que los aprendizajes en áreas como mecánica, electrónica, informática, la robótica, inteligencia artificial, sean muy importantes por lo tanto este tipo de prototipos iniciales sirvan de plataforma para la investigación, vinculación y mejorar la calidad educativa de la carrera.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Establecer el diseño y construcción de un prototipo tecnológico que clasifica objetos por su color, forma, mide elementos circulares y rectangulares mediante visión artificial, utilizando un brazo robótico para prácticas de automatización en la carrera de Ingeniería Industrial de la ESPOCH.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Investigar y seleccionar las variables de diseño, comparando las características técnicas de sensores y actuadores, para elegir el de mejor funcionamiento.
- Diseñar la estructura del prototipo, utilizando la herramienta Solid Works Educacional, para optimizar los materiales en la construcción.
- Realizar un análisis estático del diseño de la estructura con la herramienta Solid Works Simulation, para comprobar si la estructura resiste el peso de los elementos utilizados en el prototipo tecnológico.
- Construir la estructura del prototipo y ensamblar los componentes electrónicos previamente seleccionados para completar la parte física del prototipo tecnológico.
- Programar sensores, actuadores y visión artificial con NI LabVIEW para medir elementos rectangulares, circulares y registrar los datos obtenidos en tablas de Excel e imágenes.
- Programar sensores, actuadores y visión artificial con NI LabVIEW para clasificar colores, figuras geométricas y registrar los datos obtenidos en tablas de Excel e imágenes.
- Realizar pruebas de funcionamiento comparando el tiempo de respuesta del prototipo tecnológico con un operario hombre y mujer para analizar los datos y determinar la velocidad del prototipo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La Automatización

La automatización es una tecnología relacionada con la aplicación de sistemas mecánicos, electrónicos y basados en computadora para ejecutar y controlar la producción, ensamblaje, clasificación y almacenamiento de productos.

Esta tecnología incluye:

- Maquinas herramientas automáticas para procesar partes
- Máquinas automáticas de ensamble
- Robots industriales
- Sistemas automáticos de manejo y almacenamiento de partes
- Sistemas automáticos de inspección para el control de calidad
- Procesos y su retroalimentación controlados por computadora
- Sistemas computacionales para planear, reunir información, y tomar decisiones relacionadas con actividades de manufactura.

Algunas industrias que utilizan este tipo de sistemas son: metal - mecánica, electrónica, automotriz, línea blanca, aérea, y muchas otras. La automatización industrial reduce el tiempo, mano de obra, costos, garantizan calidad y mayor cantidad de productos, mayor eficiencia en el trabajo y aumenta la productividad de las empresas.(automatizacionindustrial 2011)

2.1.1. Niveles de Automatización.

NIVELES DE AUTOMATIZACIÓN	
Operación Manual <i><u>Dar forma a una pieza con lima</u></i>	El hombre es responsable de seguir el orden correcto de los procesos, se fabrican piezas de forma manual, sin utilizar maquinas, sino herramientas sencillas.
Mecanizado <i><u>Mecanizado de piezas con torno convencional.</u></i>	La máquina y es responsable de seguir la secuencia del proceso, pero es operada por el hombre.
Automatización Parcial <i><u>Dobladora automática.</u></i>	La máquina realiza las operaciones en secuencia de

	forma autónoma, pero aún hay la intervención de la mano del hombre para poner y retirar piezas.
Automatización Total <i><u>Centro de maquinado con alimentador automático.</u></i>	La máquina es autónoma. Las tareas de supervisión y mantenimiento preventivo los realiza el operador, no necesita intervención humana
Integración <i><u>Gestión y planeación</u></i> <i><u>Industria 4.0</u></i>	Todas las máquinas trabajan interconectadas de forma cooperativa. La intervención humana es a nivel gestión y planeación estratégica.

Tabla 1-2. Niveles de Automatización.
Fuente. Erik Garcés.

2.1.2. Prototipo Tecnológico

Son el primer ejemplar o simuladores de prueba, transformable o alterable de un sistema, maquina o producto diseñado que sirve de modelo para fabricar otros, iguales o modificados

2.2. La Robótica

La robótica es la ciencia y tecnología que se encarga del diseño y construcción de los robots, maquinas capaces de desempeñar tareas realizadas por el ser humano, fusiona varias disciplinas como mecánica, informática, electrónica, física e ingeniería de control.

Otras áreas de la robótica son los autómatas programables, las máquinas de estado, la manipulación mecánica, visión por computadora e inteligenciar artificial.(Sánchez, Ángela y Forero Guzmán 2012)

2.2.1. Robot

Un robot industrial es un manipulador multifuncional reprogramable, capaz de mover materias, piezas, herramientas, o dispositivos especiales, según trayectorias variables, programadas para realizar tareas diversas(«Robots industriales: definición y clasificación»).

2.2.2. Clasificación de los robots

Se clasificación por su generación estructura y aplicaciones

GENERACIÓN	
Primera Generación	Robots manipuladores: son sistemas mecánicos multifuncionales con un sistema de control manual, secuencia fija, secuencia variable.
Segunda Generación.	Robots de aprendizaje: repite una secuencia que ha sido ejecutada previamente por un operador humano, a través de un dispositivo mecánico, este realiza los movimientos retenidos mientras el robot los sigue y los memoriza, disponen de un sistema de control de lazo cerrado.
Tercera Generación	Robots de control sensorizado: los robots cuentan con controladores, una computadora que, usando datos obtenida de los sensores, ejecuta las ordenes de un programa y las envía al manipulador para que realice los movimientos necesarios.
Cuarta Generación	Robots Inteligentes: Posee sensores que envían información al controlador, y analiza mediante estrategias complejas, en la computadora de control sobre el estado de proceso, en tiempo real, permite la toma de decisiones y el control del mismo
Quinta Generación	Incorpora nueva tecnología cien por ciento inteligencia artificial y modelos de conducta y una nueva arquitectura de subsunción
Estructura	
Manipuladores poli articulado,	Son brazos de robots sedentarios configurados para mover sus extremidades en un determinado espacio de trabajo
Androides	Son robots que intentan reproducir la acción cinemática del humano
Zoomorfico	Son robots que intentan imitar los movimientos de los animales
Aplicaciones	
Industriales. - Son robots para realizar trabajos repetitivos y peligrosos, de soldadura, Pintura, Mecanizado, Montaje, Almacenamiento, Control de calidad	
Servicio	
Salud, Medicina, Seguridad, Entretenimiento, Mantenimiento, Limpieza, Vigilancia, Transporte.	

Tabla 2-2 Clasificación de los robots.
Fuente. Erik Garcés.

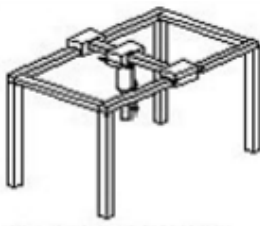
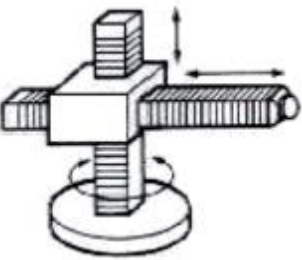

El robot más utilizado en la actualidad en la industria pertenece a la cuarta generación con una estructura de manipulador poli articulado.

2.3. Brazo robótico

Un brazo manipulador o brazo robótico se puede definir como el conjunto de elementos electromecánicos que propician el movimiento de un elemento terminal, un brazo manipulador

tiene una serie de elementos estructurales rígidos, enlaces o eslabones, acoplados mediante articulaciones que permiten el movimiento relativo de cada uno de los eslabones, una articulación puede ser lineal o rotacional, el conjunto de estas se denomina cadena cinemática, a esta se puede conectar un elemento terminal o un actuador final, que puede ser una pinza o (gripper) herramienta; las pinzas se utilizan para tomar objetos mientras que las herramientas sirven como actuador final para realizar alguna operación sobre la mesa de trabajo, los brazos del robot conocidos como manipuladores por la semejanza con las extremidades del cuerpo humano, los grados de libertad (g.d.l), son las coordenadas independientes necesarias para describir el estado del sistema mecánico del robot, orientación y posición de los elementos; las cadenas cinemáticas tienen un solo grado de libertad ya sea rotación o traslación, mientras que una articulación podría tener dos o más grados de libertad que operen sobre ejes que se cortan entre sí

2.3.1. Configuraciones y Paramentos característicos de los robots industriales.

TIPO DE ROBOTS Según su Geometría	CARACTERÍSTICAS	UTILIZA
Robot Cartesiano 	Robot cuyo brazo tiene tres articulaciones prismáticas, cuyos ejes son coincidentes con los ejes cartesianos. Articulaciones lineales	Operaciones de ensamblado Manipulación de máquinas herramientas y soldadura por arco.
Robot cilíndrico 	Robot cuyos ejes forman un sistema de coordenadas cilíndricas. Articulación rotacional sobre una base, y articulaciones lineales para el movimiento en altura y radio	Operaciones de ensamblaje, Manipulación de máquinas herramientas, soldadura por punto manipulación en máquinas de fundición a presión
Robot polar 	Robot cuyos ejes forman un sistema polar de coordenadas. Cuenta con dos articulaciones rotacionales y una lineal.	Manipulación en máquinas herramientas, soldadura por punto, fundición a 4 presión, máquinas de desbarbado, soldadura por gas y por arco

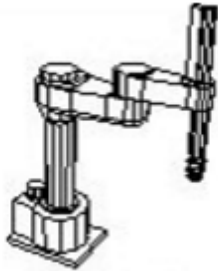


Robot SCARA 	Robot que tiene dos varios tipos de articulaciones combinaciones de las anteriores, rotatorias paralelas para proporcionar elasticidad en un plano.	Trabajos de “pick and place” (tomar y colocar), Aplicación de impermeabilizantes, Operaciones de ensamblado y manipulación.
Robot esférico o de brazo articulado 	Robot cuyo brazo tiene como mínimo tres articulaciones rotatorias	Operaciones de ensamblaje, Fundición a presión, máquinas de desbarbado Soldadura a gas Soldadura por arco, Pintado en spray
Robot paralelo 	Robot cuyos brazos tienen articulaciones prismáticas o rotatorias concurrentes	Plataforma móvil que manipula las cabinas de los simuladores de vuelo

Tabla 3-2. Configuraciones y Parámetros característicos de los robots industriales
Fuente. Erik Garcés

2.3.2. *Parámetros que caracterizan a los robots industriales*

Número de grados de libertad

- Número total de grados de libertad de un robot, dado por la suma de g.d.l. de las articulaciones que lo componen.
- Espacio de accesibilidad o espacio volumen de trabajo

Capacidad de posicionamiento del elemento terminal

Tres magnitudes Fundamentales:

1. Resolución espacial,
2. Precisión
3. Receptibilidad

Estos miden el grado de exactitud en la realización de los movimientos de un manipulador al realizar una tarea programada

Capacidad de carga. - Es el peso que puede transportar el elemento terminal del manipulador. En la selección de un robot depende de la tarea a la que se destine.

Velocidad. - Es la máxima velocidad que alcanzan el PT y las articulaciones.

2.3.3. Aplicaciones de la robótica en la industria

Tabla de clasificación de las aplicaciones de la robótica en la industria.

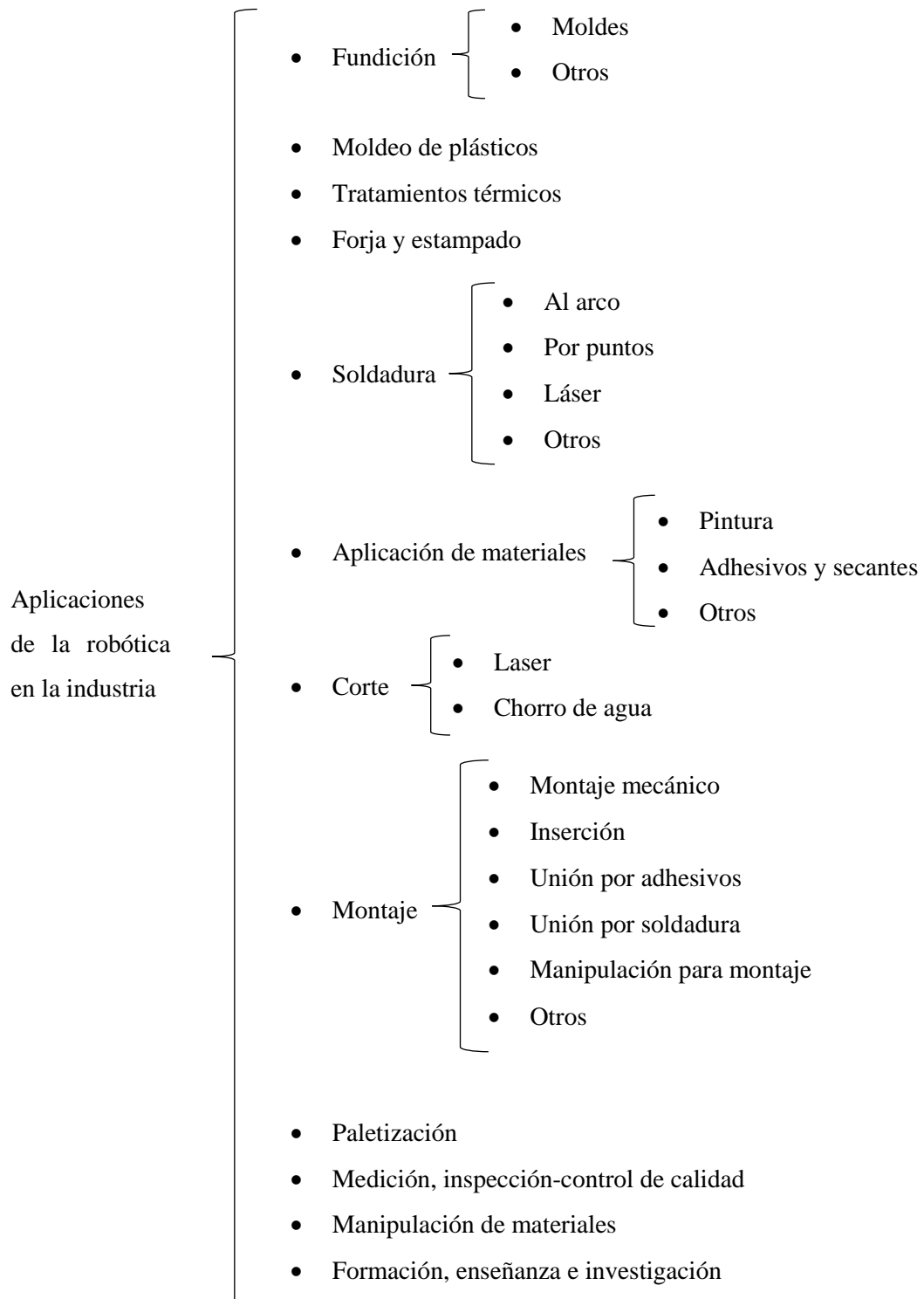


Figura 1-2. Aplicación de la robótica en la industria.

Fuente. http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/cyr_01/robotica/aplicaciones.htm

2.3.4. Paletización

Paletizar consiste en (paleta o estiba) un poco de productos, conformando una unidad de manejo que pueda ser transportada y almacenada con el mínimo esfuerzo y en una sola operación, es una actividad que acelera el desempeño de cargue, movimiento, almacenamiento y descargue de mercadería, optimiza recursos y eficiencia en los procesos.



Figura 2-2 Paletización

Fuente. <http://www.payper.com/paletizador-brazo-robot>

2.3.5. Manipulación de materiales

La manipulación de materiales incluye mover, seleccionar y transferir prácticamente cualquier tipo de producto, de una ubicación determinada a otra o transferir piezas de una máquina a otra, este tipo de robots son más rápidos, precisos, rentables, ofrecen calidad, precisión y se puede repetir el proceso cuantas veces se requiera. Además, las empresas pueden obtener grandes ahorros al utilizar la manipulación de materiales con robots.



Figura 3-2. Manipulación de Materiales

Fuente. <https://spanish.alibaba.com/product-detail/factory-price-automated-palletizing-robot-industrial-robotic-arm-60490132101.html>

2.4. Visión Artificial

Se puede definir la “Visión Artificial” como un campo de la “Inteligencia Artificial” que, mediante la utilización de las técnicas adecuadas, permite la obtención, procesamiento y análisis de cualquier tipo de información especial obtenida a través de imágenes digitales, utilizando para esto un sistema informático

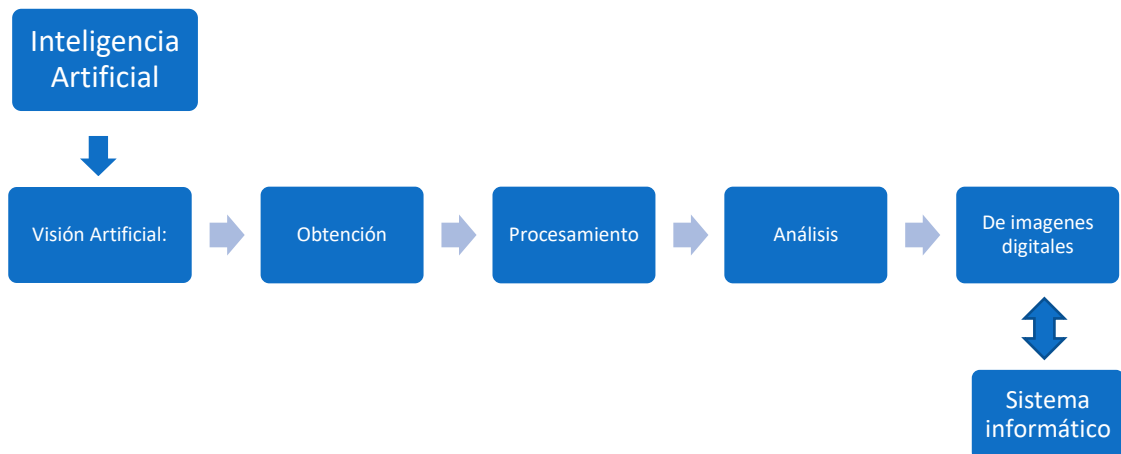


Figura 4-2. Visión Artificial

Fuente. <http://www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf>

2.4.1. Las principales aplicaciones de la visión artificial en la industria

Con la visión artificial se realizan varios procesos de manera más rápida y eficaz que de la manera tradicional no se lograrían.

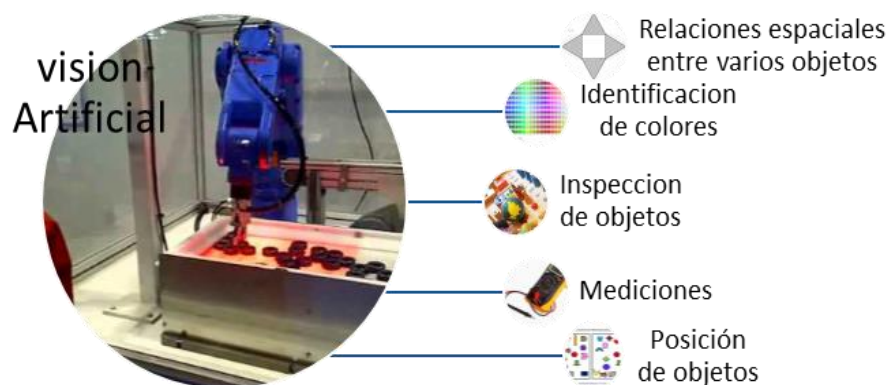


Figura 5-2 Aplicaciones de la Visión Artificial en la Industria

Fuente. Erik Garcés

2.4.2. Secuencia en el proceso operativo

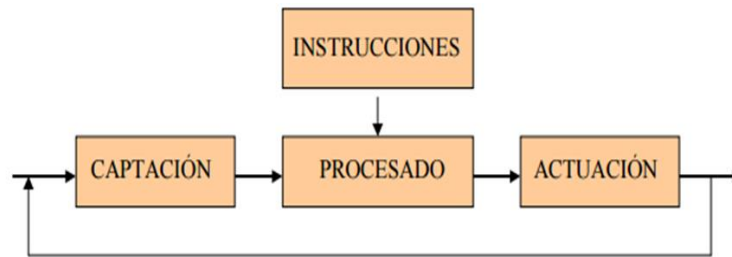


Figura 6-2 Secuencia del proceso operativo

Fuente. <http://www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf>

Instrucciones. - Son operaciones a realizar que resuelven el problema.

Captación. - Obtiene de la imagen visual del objeto que va a inspeccionar.

Métodos de captación de imágenes

Digital. - La función obtenida tras el resultado de la medida o muestreos realizados a intervalos de tiempo espaciados regularmente, siendo el valor de dicha función un número positivo y entero. Los valores que esta función toma en cada punto dependen del brillo que presenta en esos puntos la imagen original.

Pixel. - Una imagen digital se considera como una cuadrícula. Cada elemento de esa cuadrícula se llama Píxel (Picture element). La resolución estándar de una imagen digital se puede considerar de 512x484 Pixel.

Nivel de Grises. – Cuando una imagen es digitalizada

Imagen Binaria. - Es aquella que sólo tiene dos niveles de gris; negro y blanco. Cada píxel se convierte en negro o blanco en función del llamado nivel binario o UMBRAL.

Escena. - Área de memoria donde se guardan todos los parámetros de la inspección de un objeto en particular: Cámara utilizada, imágenes patrón memorizadas, tolerancias, datos a visualizar, entradas y salidas de control, etc.

Windows (ventanas de medida). - Es el área específica de la imagen recogida que se quiere inspeccionar.

Procesado. - Es el procesamiento de la imagen mediante las instrucciones aplicadas.

Actuación. - Sobre el entorno (aparato, pieza, elemento) en función del resultado obtenido.

2.4.3. Diagrama de Bloques

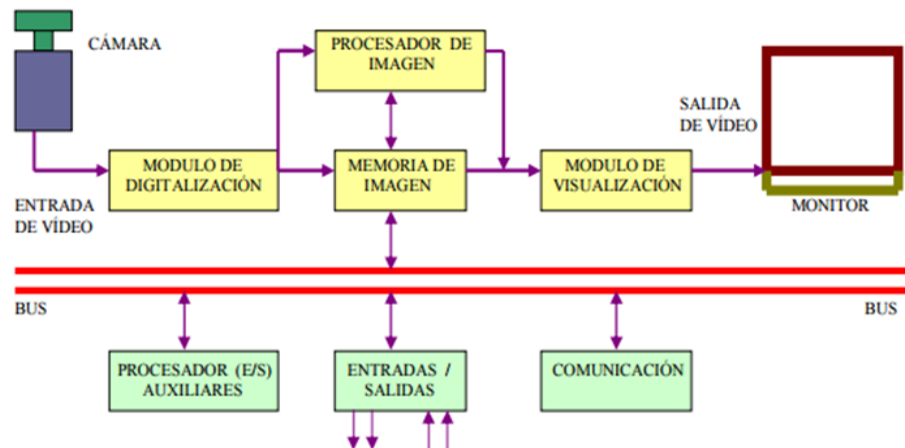


Figura 7-2 Diagrama de Bloques

Fuente. <http://www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf>

Módulo de digitalización. - Cambia la señal analógica proporcionada por la cámara a una señal digital (para su posterior procesamiento).

Memoria de Imagen. - Guarda la señal procedente del módulo de digitalización.

Procesador de imagen. - Resuelve e interpreta las imágenes captadas por la cámara.

Módulo de Visualización. -Cambia la señal digital residente en memoria, en señal de vídeo analógica para poder ser visualizada en el monitor de TV.

Módulo de entradas y salidas. - Gestiona la entrada de sincronismo de captación de imagen y las salidas de control que actúan sobre dispositivos externos en función del resultado de la inspección.

Comunicación. - Vía I/O.

2.4.4. Cámara

En un sistema de visión artificial la cámara es el instrumento encargado de captar la imagen o video de uno o varios objetos y enviarlos al computador para que el software inspeccione las imágenes.

2.4.5. Componentes o elementos de un sistema de visión artificial.

Un sistema de visión está integrado básicamente por los siguientes componentes.

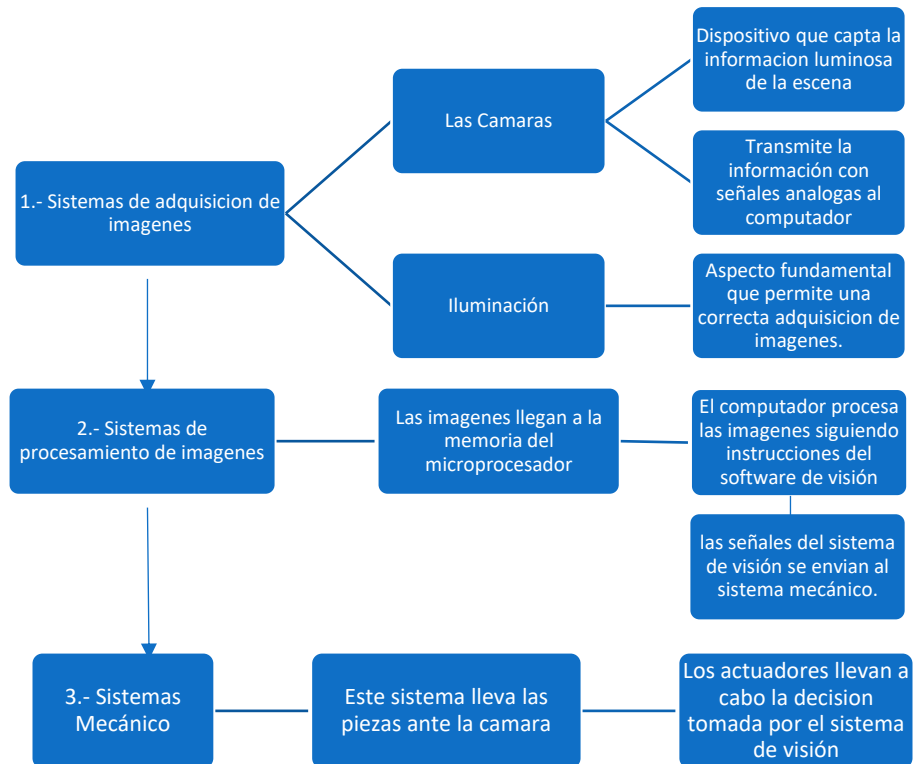


Figura 8-2 Elementos del Sistema de Visión Artificial
Fuente. Erik Garcés

2.4.6. Inspección Automatizada Mediante Sistemas de Visión

Los métodos de inspección automatizados mediante sistemas de visión, miran cada uno de los productos elaborados, en los últimos años las empresas han empezado a utilizar los sistemas de visión ópticos en línea y las máquinas de visión para lograr mejoras en la calidad.

Las alarmas de las visualizaciones gráficas en tiempo real alertan a los operadores para que efectúen cambios mucho antes de que las diferencias sean visibles para el ojo humano. Eso significa ajustar las condiciones de la línea antes de que el producto fuera de especificación sea hecho, un operador puede trabajar múltiples líneas extendiendo el costo de mano de obra más hacia el rendimiento. La conformidad de las especificaciones puede ser pasada a través de los diferentes turnos, reduciendo la variación y ofreciendo una manera no incriminatoria de resolver problemas.

2.5. Banda transportadora

Una banda transportadora es un sistema de transporte consistente en una cinta que se mueve continuamente entre dos tambores, esta banda es arrastrada por fricción por uno de los dos tambores, que es accionado por un motor, el otro tambor gira libremente y tiene como función el de servir de retorno a la banda.

Una banda transportadora es un elemento que debe reunir los siguientes requisitos; alta resistencia mecánica longitudinal, flexibilidad en direcciones longitudinal (en tambores) y transversal (en apoyos de rodillos), elevada resistencia al desgaste y a la desestratificación por reiterados dobleces, poca elasticidad y alta resistencia a la humedad. Los materiales más utilizados son los de tela naturales, sintéticas, y de acero.

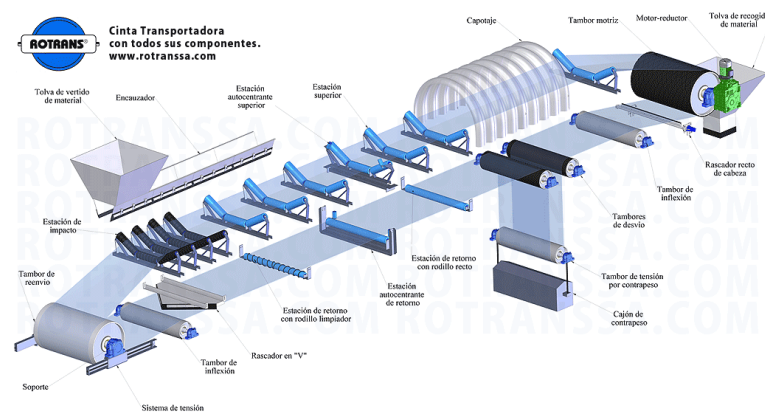


Figura 9-2 Banda Transportadora.

Fuente. https://es.wikipedia.org/wiki/Cinta_transportadora#/media/File:Cinta-transportadora.png.

2.5.1. Tipos de fabricación:

Lisa. - Para instalaciones horizontales y de pequeño ángulo de inclinación.

De superficie rugosa. - Para evitar el desplazamiento de las piezas transportadas

Con pestañas onduladas y salientes, y con nervios en "V". - Para instalaciones de elevado ángulo de inclinación, a fin de impedir el corrimiento del material.

Variantes:

Normal. - Muy resistente a la abrasión.

Resistente al calor. - Para transportes de materiales en general, con temperaturas hasta 140° Celsius.

Anti llama. - Para instalaciones en galerías mineras

Para transportar materiales abrasivos y pedazos robustos con bordes agudos se emplean las bandas de acero fabricadas de alambre de distinta sección y trenzado.

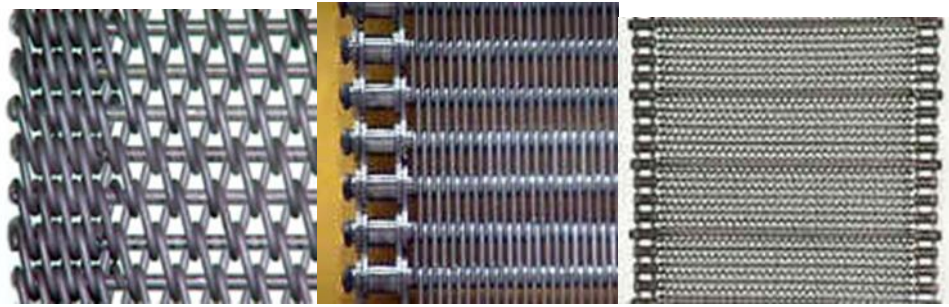


Figura 10-2 Tipos de Fabricación

Fuente. <http://dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/bandas%20transportadoras.htm>.

2.5.2. Elementos de la banda transportadora

Tambores: Se distinguen tambores, accionadores y tensores o de reenvío, en los transportadores de banda.

Accionadores: La cinta es arrastrada por uno de los tambores extremos accionado a su vez por un motor. La transmisión del movimiento se consigue por adherencia entre la banda y el tambor.

Tensores (o de reenvío): Son necesarios para poder tensar las bandas. Mediante un desplazamiento de estos tambores que van montados en el extremo opuesto a aquel donde se instala el tambor de accionamiento, se consigue un tensado que tiene como misión facilitar el retorno de la banda, una vez que ha realizado el recorrido de trabajo.

Rodillos de Apoyo: Para que la banda no se combe bajo la influencia del propio peso y de la carga, entre los tambores se colocan, rodillos de apoyo, pudiendo ser rodillos de ejes horizontales o rodillos formando artesa.



Figura 11-2. Rodillos de apoyo.

Fuente. <http://dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/bandas%20transportadoras.htm>.

Estaciones Accionadoras

La misión de la estación accionadora consiste en poner en movimiento la banda transportadora y, como consecuencia, la propia carga, pueden ser simples o dobles.

Estación de accionamiento simple con cabeza de vertido:

La estación de accionamiento simple está formada por una cabeza motriz y uno o dos grupos motrices.



Figura 12-2. Estación de accionamiento simple con cabeza de vertido

Fuente. <http://dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/bandas%20transportadoras.htm>

Estación de accionamiento con dos cabezas motrices en tándem.

Cuando las potencias son grandes, se hace aconsejable la distribución en tándem por disminuir considerablemente la tensión máxima de la banda con el consiguiente ahorro económico. Se monta con dos, tres, o cuatro grupos motrices.



Figura 13-2. Estación de accionamiento con dos cabezas motrices en tándem

Fuente. <http://dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/bandas%20transportadoras.htm>

Estación de accionamiento con dos cabezas motrices en tándem y cabezal de vertido.

Si las consideraciones anteriores aconsejas la disposición en tándem y, por otra parte, existen problemas de espacio o de peso, se les añade un tambor de vertido, que puede colocarse a cualquier distancia de la estación accionadora.



Figura 14-2. Estación de accionamiento con dos cabezas motrices en tándem y cabezal de vertido.

Fuente. <http://dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/bandas%20transportadoras.htm>

Estaciones Tensoras

La misión de la estación tensora es la creación de una tensión en la banda, que asegure una adherencia indispensable con el tambor accionado, y que, además, limite su combado entre apoyos y compense su estirado como consecuencia de su funcionamiento.

Estación tensora de dos tambores.



Figura 15-2. Estación tensora

Fuente. <http://dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/bandas%20transportadoras.htm>

Estación tensora con una banda especial de apriete.

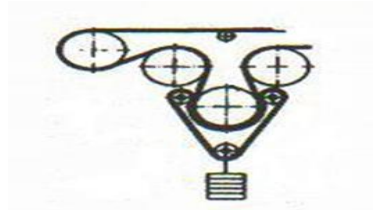


Figura 16-2. Estación tensora con una banda especial de apriete

Fuente. <http://dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/bandas%20transportadoras.htm>

2.6. Sensores y Actuadores

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación y se transforman en variables eléctricas. Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado.

2.6.1. Sensor IR infrarrojo: Detector de obstáculos infrarrojo

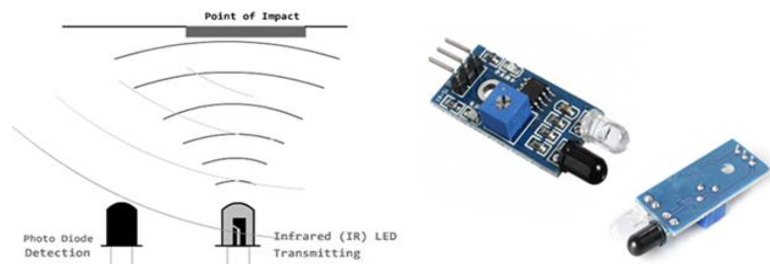


Figura 17-2. Sensor IR.

Fuente. <https://www.luisllamas.es/detectar-obstaculos-con-sensor-infrarrojo-y-arduino>.

Es un dispositivo que detecta la presencia de un objeto mediante la reflexión de luz infrarroja (IR) que es recibida por un fotodiodo al detectar la presencia de un posible obstáculo, los detectores de obstáculo suelen proporcionarse con una placa de medición estándar con el comparador LM393, que permite obtener la lectura como un valor digital cuando se supera un cierto umbral, que se regula a través de un potenciómetro ubicado en la placa, estos sensores actúan a distancias cortas, típicamente de 5 a 300mm, la cantidad de luz infrarroja recibida depende del color, material, forma y posición del obstáculo, detectan obstáculos en pequeños vehículos o robots, entre las aplicaciones son detectar la presencia de un objeto en una determinada zona, indican si una puerta está abierta o cerrada, o si una máquina ha alcanzado un cierto punto en su desplazamiento.

Esquema eléctrico



Figura 18-2. Esquema eléctrico.

Fuente. <https://www.luisllamas.es/detectar-obstaculos-con-sensor-infrarrojo-y-arduino>.

El montaje del sensor es sencillo, alimentamos el módulo a través de Vcc y GND conectándolos, respectivamente, a la salida de 5v y GND en arduino, luego conectamos la salida digital del sensor a una entrada digital.

2.6.2. Transistor

La palabra “transistor” viene de la contracción en inglés de transfer resistor “resistencia de transferencia”. El transistor es un dispositivo electrónico en estado sólido, su principio de funcionamiento está basado en la física de los semiconductores, cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador.

Tipos de Transistores

Existen distintos tipos de transistores;

- ✓ Transistores de bipolares o BJT (Bipolar Junction Transistor)
- ✓ Transistores de efecto de campo o FET (Field Effect Transistor). La familia de los transistores de efecto de campo es a su vez bastante amplia, englobando los JFET, MOSFET, MISFET, etc.

Transistor bipolar

Los transistores bipolares surgen de la unión de tres cristales de semiconductor con dopajes diferentes e intercambiados. Se puede tener por tanto transistores PNP o NPN («Transistor - EcuRed»).

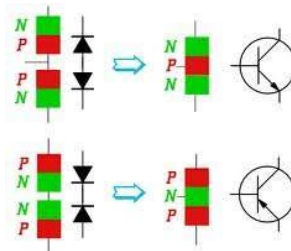


Figura 19-2. Transistor

Fuente. <https://www.ecured.cu/Transistor>

2.6.3. Led

LED viene del inglés Light Emitting Diode que traducido al español es Diodo Emisor de Luz, es un dispositivo semiconductor que emite luz de espectro reducido cuando se polariza de forma directa, un diodo led tiene dos terminales el ánodo (positivo), cátodo (negativo)(<http://www.areatecnologia.com>).

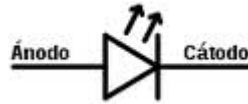


Figura 20-2. Led.

Fuente. <http://www.areatecnologia.com/electronica/como-es-un-led.html>.

2.6.4. Relé

El relé o relevador, es un dispositivo electromecánico mismo que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico, a través de una bobina y un electroimán, que acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes(gustavocasalini 2010).



Figura 21-2. Relé.

Fuente. <http://www.taringa.net/posts/info/5800372/Funcionamiento-del-rele.html>.

2.6.5. Motor DC

Motor CC o DC, máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio, gracias a la acción que se genera del campo magnético.

Partes principales de un motor DC

El estator: Es el encargado de dar soporte mecánico al aparato y contiene los devanados principales de la máquina, conocidos también con el nombre de polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre un núcleo de hierro.

El rotor: Es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, alimentado con corriente directa mediante escobillas fijas (conocidas también como carbones).

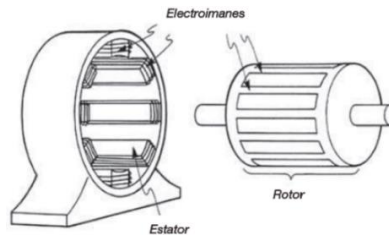


Figura 22. Motor DC.

Fuente. <http://todoelectrodo.blogspot.com/2013/02/motor-de-cc.html>.

Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento de motores eléctricos de corriente directa se basa en la repulsión que ejercen los polos magnéticos de un imán permanente cuando interactúan con los polos magnéticos de un electroimán que se encuentra montado en un eje, el electro imán denominado “rotor” y su eje le permite girar libremente en entre polos magnéticos norte y sur del imán permanente situado dentro de la carcasa del motor.

Cuando la corriente eléctrica circula por la bobina de este electroimán giratorio, el campo electromagnético que se genera interactúa con el campo magnético del imán permanente, si los polos del imán permanente y del electroimán giratorio coinciden, se produce un rechazo y un torque magnético o par de fuerza que provoca que el rotor rompa la inercia y comience a girar sobre su eje en el mismo sentido de las manecillas del reloj en unos casos, o en sentido contrario, de acuerdo con la forma que se encuentre conectada al circuito la pila o la batería.

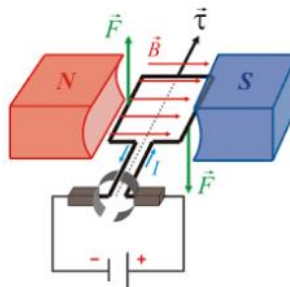


Figura 23-2. Principio de Funcionamiento.

Fuente. <https://automatismoiindustrial.com/1-3-5-2-principios-de-funcionamiento>.

2.6.6. Servomotor

Un servomotor es un sistema compuesto por componentes electromecánicos, electrónicos y mecánicos que genera un movimiento controlado de 180° o 360° en cualquier dirección dependiendo de las instrucciones asignadas al circuito de control.

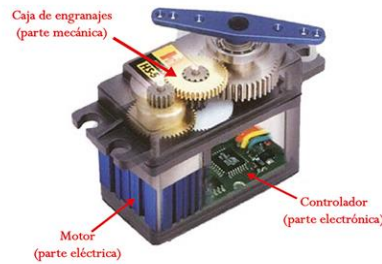


Figura 24-2. Servomotor.

Fuente. <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor>.

El motor en el interior de un servomotor es un motor DC común y corriente, el eje del motor se acopla a una caja de engranajes similar a una transmisión, esto se hace para potenciar el torque del motor y permitir mantener una posición fija cuando se requiera, el circuito electrónico es el encargado de manejar el movimiento y la posición del motor.

Funcionamiento de un servomotor

Los servomotores poseen tres cables, dos de alimentación y uno para el circuito de control que utiliza modulación por ancho de pulsos, es decir, PWM, el circuito electrónico es el encargado de recibir la señal PWM y traducirla en movimiento del motor DC, el eje del motor está acoplado a un potenciómetro, el cual permite formar un divisor de voltaje, permitiendo así que el voltaje en la salida del divisor varíe en función de la posición del eje del motor DC.

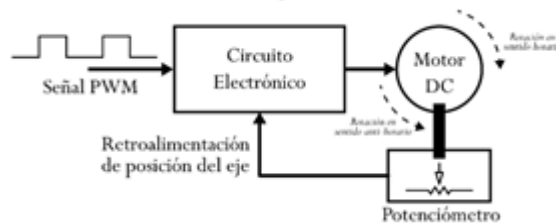


Figura 25-2. Funcionamiento de un Servomotor.

Fuente. <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor>.

Las señales de PWM tiene la forma de una onda cuadrada, dependiendo del ancho del pulso, el motor adoptará una posición fija y van desde 0 a 255 mili segundos.

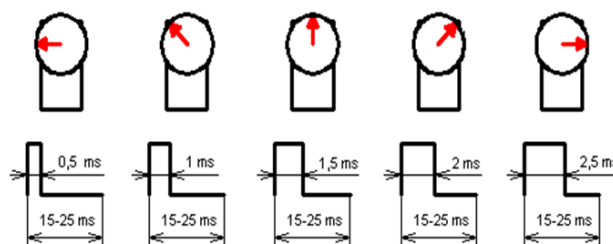


Figura 26-2. Funcionamiento de un servomotor.

Fuente. <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor>.

2.6.7. Bomba de vacío

Una bomba de vacío es un dispositivo mecánico que sirve para extraer aire y gases no condensados y conseguir un espacio con una presión inferior a la atmósfera.

Bomba de membrana

La bomba de membrana o bomba de diafragma es un tipo de bomba de desplazamiento positivo, su principio de funcionamiento es gracias al aumento de presión que realiza por el empuje de unas paredes elásticas, membranas o diafragmas, mismo que alteran el volumen de la cámara, aumentándolo y disminuyéndolo alternativamente, las válvulas de retención, normalmente son de bolas de elastómero, permiten que el movimiento del fluido se realice de la zona de menor presión a la de mayor presión («Bomba de membrana» 2013).

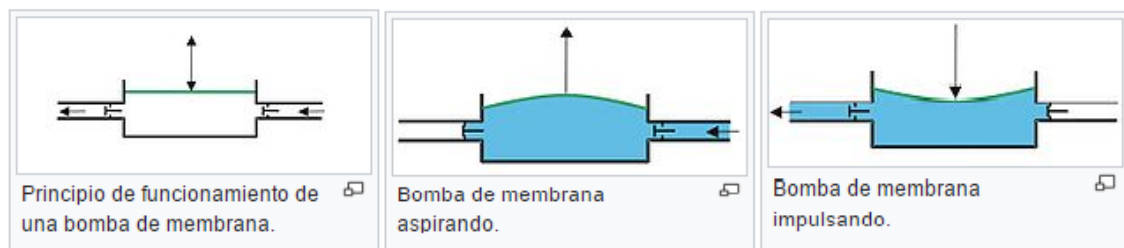


Figura 27-2. Bomba de vacío.

Fuente. https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_de_membrana.

2.7. Arduino



Figura 28-2. Arduino Logo.

Fuente. <https://www.arduino.cc/en/Trademark/CommunityLogo>.

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar, un Arduino es una tarjeta electrónica que lleva un micro controlador que ejecuta un programa que hayamos insertado previamente en él, repitiendo las veces que se quiera, hace conexiones eléctricas, habré y cierra contactos, escanea sensores entre otras; se diferencian por el número de salidas y entradas que tienen, y las conexiones que se pueden realizan con ellas, así podemos citar:

- ✓ Arduino Nano tiene 13 salidas digitales, también salidas que se pueden usar como entradas analógicas, un USB, chip y otras funciones limitadas
- ✓ Arduino Uno tiene 6 entradas analógicas y 14 entradas y salidas digitales.
- ✓ Arduino Mega tiene hasta 53 salidas digitales, tiene 12 o 15 entradas analógicas, varias salidas para conectar en serie depende de la necesidad

El entorno de programación es basado en lenguaje C++, también se puede programar con LabVIEW y con Scratch que son entornos de programación gráfica.

2.7.1. *Arduino aplicaciones*

Podemos decir entonces que un arduino es una plataforma versátil muy útil para proyectos como adquisición de datos mediante sensores, control robótico, domótica, etc., es decir electrónica de control.

Multiplataforma: Casi todos los microcontroladores están limitados a Windows, el software de Arduino se ejecuta Windows, Macintosh OSX y GNU/Linux.

Entorno de programación simple y claro: Es fácil de usar, flexible, de manera que los estudiantes aprendan a programar.

Código abierto y software extensible: El software Arduino se encuentra como herramientas de código abierto está a disposición de todos los programadores experimentados, además de poseer librerías de programación de entorno gráfico.

2.7.2. *Arduino Uno*



Figura 29-2. Arduino Uno R3.

Fuente. <https://www.pololu.com/product/2191>.

Arduino Uno es una placa electrónica basada en el AT mega328P. Cuenta con 14 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 6 se podrán utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reinicio, apoya al microcontrolador, se conecta a un ordenador con un cable USB o la corriente con un adaptador de CA a CC o una batería para empezar.

Arduino Uno es la tarjeta más usada por su tamaño su cantidad de pines y su fácil montaje en prototipos electrónicos.

2.8. LIFA BASE

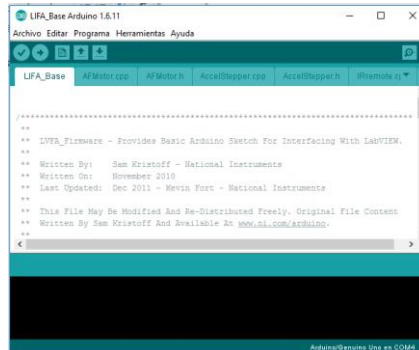


Figura 30-2. Lifa Base.
Fuente. ID Arduino.

Lifa base es una biblioteca creada en el ID de Arduino la cual se debe cargar al microcontrolador, seguido a esto ya podemos correr el código desarrollado en LabVIEW con los bloques de programa del toolkit, la comunicación se realiza ya que LabVIEW envía paquetes de datos, el código cargado en el microcontrolador Arduino consulta esos datos y envía un paquete de datos de respuesta, el paquete es de 15 bytes y por defecto contiene un encabezado, un byte de comando, los bytes de datos, y un “check sum” de comprobación, el firmware LIFA en el Arduino procesa los paquetes, asegura que los datos no se han dañado durante la transmisión.

Una vez leído el paquete comprueba el byte de comando y ejecuta las instrucciones con los bytes de datos proporcionados basándose en el byte de comando, se puede utilizar la interfaz de LabVIEW para Arduino para comunicarse con la placa Arduino utilizando LabVIEW en modo “esclavo” On-line, por tal motivo el ordenador debe estar siempre conectado a la placa Arduino con el cable USB(«Arduino-LabVIEW.pdf»).

Toolkit LabVIEW - Arduino

Toolkit, es un conjunto de herramientas gratuitas que permiten a los desarrolladores adquirir datos desde el microcontrolador Arduino y procesarlo desde el entorno de programación gráfico de LabVIEW.

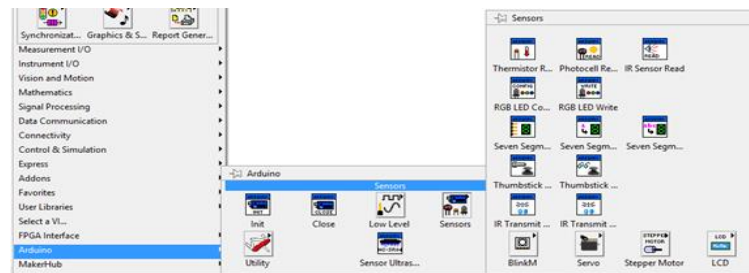


Figura 31-3. Toolkit LabVIEW – Arduino
Fuente. LabVIEW 2014

2.8.1. Librería Interface Arduino – LabVIEW

Bloques de programación	Función
<p>Init [LabVIEW Interface for Arduino.lvlib:Init.vi]</p>	<p>Inicializa una conexión a un Arduino que ejecuta la interfaz LabVIEW para Arduino.</p>
<p>Close [Close.vi]</p>	<p>Cierra la conexión activa de un Arduino.</p>
<p>Set Digital Pin Mode [LabVIEW Interface for Arduino.lvlib:Set Digital Pin Mode.vi]</p>	<p>Configura un pin digital especificado, como entrada o salida.</p>
<p>Digital Read Pin [LabVIEW Interface for Arduino.lvlib:Digital Read Pin.vi]</p>	<p>Lee el valor de un pin de entrada digital Arduino seleccionado.</p>
<p>Digital Write Pin [LabVIEW Interface for Arduino.lvlib:Digital Write Pin.vi]</p>	<p>Escribe el valor especificado en un pin de salida digital seleccionado.</p>

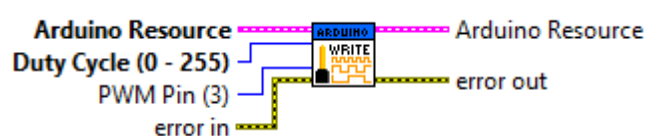

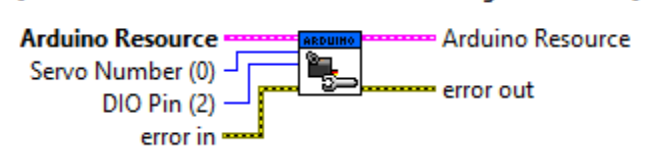

<p align="center">PWM Write Pin [LabVIEW Interface for Arduino.lvlib:PWM Write Pin.vi]</p> 	<p>Escribe el valor PWM especificado en un solo pin PWM en el Arduino.</p>
<p align="center">Set Number of Servos [LabVIEW Interface for Arduino.lvlib:Set Number of Servos.vi]</p> 	<p>Crea espacio de memoria en el Arduino para el número especificado de servomotores.</p>
<p align="center">Configure Servo [LabVIEW Interface for Arduino.lvlib:Configure Servo.vi]</p> 	<p>Asigna un pin de salida digital a un servomotor.</p>
<p align="center">Servo Write Angle [LabVIEW Interface for Arduino.lvlib:Servo Write Angle.vi]</p> 	<p>Escribe el valor del ángulo en grados para un servomotor específico.</p>

Tabla 4-2. Librería Interfaz Arduino – LabVIEW

Fuente. Erik Garcés.

2.9. Herramientas de Software

Las herramientas de software sirven para el diseño y cálculo de la estructura y programación de un prototipo tecnológico.

2.9.1. *LabVIEW - Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*

LabVIEW es un software entregado por la Empresa National Instruments orientado a la programación de instrumentos virtuales en un entorno gráfico.

Instrumento Virtual (VI). - Un instrumento virtual es un módulo de software que simula el funcionamiento de un instrumento físico.

Entorno Gráfico. - Un entorno grafico es una representación del panel frontal del instrumento virtual como de la programación grafica se accede unos iconos o bloques que represan tanto cifras como operaciones, que pueden ser constantes, datos introducidos por el panel de control o datos

capturados por el hardware del ordenador, se pueden hacer operaciones de cualquier lenguaje de programación más unas cuantas propias de LabVIEW, los bloques de programación se depositan en un diagrama de bloques conectados entre sí mediante un cable virtual.

Los programas se dividen en dos: Panel Frontal y Diagrama de Bloques

Panel Frontal. - Es la interfaz sirve para interactuar con el usuario cuando el programa se está ejecutando. En esta interfaz se definen los controles los usamos como entradas, pueden ser botones, marcadores e indicadores los usamos como salidas, pueden ser gráficas.

Diagrama de Bloques. - Es el programa propiamente dicho, aquí se colocan íconos que realizan una determinada función y se interconectan con el código que controla el programa, y un icono/conector que sirve para conectar un VI con otros Vits (LabVIEW 2012).

Estructuras de programación de LabVIEW

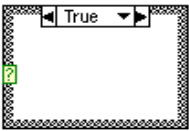



Estructura	Función
Case Structure 	Contiene uno o más sub-diagramas, o casos, uno de los cuales se ejecuta cuando la estructura es ejecutada. El valor conectado al selector de casos determina qué caso ejecutar.
While Loop 	Repite el código dentro de sus sub-diagramas hasta que se produzca una condición específica, un “while loop” siempre se ejecuta al menos una vez.
Stacked Sequence Structure [Stacked Sequence] 	Consisten en uno o más sub-diagramas o marcos, que se ejecutan secuencialmente.
For Loop 	Ejecuta un sub-diagrama (n) veces, donde (n) es el valor conectado al terminal (N). El terminal de iteración (i) proporciona el recuento de iteración de bucle actual, que varía de 0 a n-1.

Tabla 5-2. Estructuras de programación LabVIEW

Fuente. Erik Garcés.

Áreas de aplicación de LabVIEW

Análisis automatizado y plataformas de medida

- Test de fabricación
- Test de validación medioambiental
- Test mecánico estructural
- Test de fiabilidad en tiempo real
- Adquisición de datos
- Test de campo portátil
- Test de RF y comunicaciones
- Test en bancos de prueba
- Adquisición de imagen

Medidas industriales y plataformas de control

- Test y control integrado
- Automatización de máquinas
- Visión artificial
- Monitorización de condiciones de máquina
- Monitorización distribuida y control
- Monitorización de potencia

Diseño embebido y plataformas de prototipaje

- Diseño y análisis de sistemas empotrados
- Diseño de control
- Diseño de filtros digitales
- Diseño de circuitos electrónicos
- Diseño mecánico
- Diseño de algoritmos

(«Labview»).

Visión Artificial con LabVIEW

Bloques de programación – adquisición de imagen

Bloque de programación	Función
NI_Vision_Acquisition_Software.lvlib:IMAQdx Open Camera.vi 	Inicia sesión de una cámara, consulta la cámara por sus capacidades y crea una referencia única a la cámara.
NI_Vision_Acquisition_Software.lvlib:IMAQdx Configure Grab.vi 	Configura e inicia una adquisición de video, la adquisición de video se realiza mediante bucles continuos.
NI_Vision_Acquisition_Software.lvlib:IMAQdx Grab.vi 	Adquiere el marco más actual de imagen. Necesita una memoria temporal de imagen.
IMAQ Create 	Crea una ubicación de memoria temporal y asigna un nombre para una imagen.
NI_Vision_Acquisition_Software.lvlib:IMAQdx Close Camera.vi 	Detiene la adquisición de imagen en curso y cierra la sesión de cámara especificada.

Tabla 6-2. Bloques de programación – Adquisición de imagen

Fuente. Erik Garcés.

Procesamiento de imágenes

En LabVIEW existe un SubVI llamado Vision Assistant que de generar algoritmos de procesamiento de imágenes.



Figura 32-2. Bloque de programación Vision Assistant
Fuente. LabVIEW 2014.






Diagrama de bloques de programación	
Bloque de programación	Función
Color Plane Extraction 	Extrae los planos de tres colores (RGB, HSV, o HSL), desde una imagen
Find Straight Edge 	Localiza un borde recto en una región de interés.
Find Circular Edge 	Localiza un borde circular en una región de interés.
Color Pattern Matching 	Comprueba la presencia de una plantilla en toda la imagen de color o en una región de interés.
Geometric Matching 	Comprueba la presencia de una plantilla en toda la imagen o en una región de interés basado en su geometría.

Tabla 7-2. Bloques de programación – Visión Artificial.
Fuente. Erik Garcés.

2.9.2. SolidWorks Educativa

SolidWorks es un programa de diseño mecánico en 3D que utiliza un entorno gráfico basado en Microsoft Windows, fácil de aplicar, permite aplicar las ideas de forma rápida, sin operaciones complejas y lentas.

Análisis y simulación con SolidWorks

SolidWorks Simulation integrado en el CAD 3D de SolidWorks da paso a que cada diseñador e ingeniero pueda aplicar simulación estructural de las piezas y ensamblajes mediante el análisis por elementos finitos (FEA), permite trabajar para mejorar y validar el rendimiento, sin hacer cambios costosos en prototipos o diseños posteriores.

La simulación estructural implica varias dificultades de FEA desde el rendimiento de una pieza con una carga constante al análisis de tensión de un ensamblaje en movimiento con carga dinámica, estas se determinan gracias a las herramientas de SolidWorks Simulation.

En el análisis estructural, los diseñadores e ingenieros manejan sobre todo la simulación estructural para comprobar la resistencia y rigidez de un producto a través de un registro de las deformaciones y tensiones de los componentes, el tipo de análisis estructural depende del producto que se vaya a tratar, de la naturaleza de las cargas y del modo de fallo previsto.

- ✓ Una estructura corta o robusta es posible que sufra un error debido al fallo de los materiales, supera el límite de elasticidad.
- ✓ Una estructura larga y delgada fallará debido a la inestabilidad estructural, pandeo geométrico

Con las cargas dependientes del tiempo, la estructura requerirá algún tipo de análisis dinámico para analizar la resistencia de los componentes, el material de componente que se utilice también puede influir en el tipo de análisis que se debe realizar:

- ✓ Los componentes metálicos, con cargas moderadas, suelen requerir algún tipo de análisis lineal, el material tiene una relación lineal entre la deformación en la pieza y la carga aplicada por debajo del punto de elasticidad de los materiales.
- ✓ Los componentes de caucho y plástico requieren un análisis no lineal, ya que los elastómeros tienen una relación no lineal entre la deformación en la pieza y la carga aplicada. Este es el caso de los metales que superan el punto de elasticidad («Análisis estructural»).

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

3.1. Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño son los componentes ya sean eléctricos, electrónicos, mecánicos o de software que un prototipo tecnológico necesita para realizar funciones programadas con la finalidad de responder a una necesidad planteada.

Este prototipo tecnológico consta de las siguientes variables:

- Base o Estructura
- Banda transportadora
- Sensor
- Cámara
- Software de Visión Artificial
- Brazo Robótico
- Controladores (Arduino)

3.2. Variables de Diseño

Las variables de diseño corresponden a la selección de los elementos que van a ser parte del módulo.

3.2.1. *Material para la estructura o base.*

El material seleccionado para el diseño de la estructura es el perfil 2350 Catalogo Cedal.

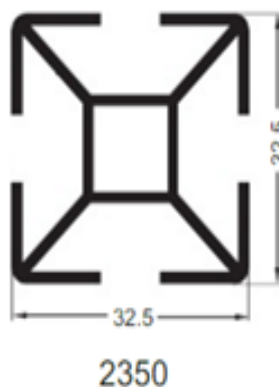


Figura 33-3. Cedal Perfil 2350

Fuente. <http://www.cedal.com.ec/categorias/perfiles-de-aluminio.html>

3.2.2. Material y dimensiones de la Banda transportadora

Ancho de la banda transportadora. El ancho normalizado para todo tipo de banda se describe en la siguiente tabla:

Anchos de banda normalizados (mm)									
100	200	300	500	600	650	800	1000	1200	1600

Tabla 8-3. Ancho de banda normalizada
Fuente. Norma UNE 18025

Se ha seleccionado un ancho de 150mm para este prototipo.

Selección de material y color de la banda

Para un diseño horizontal y hasta 18 grados de inclinación y con una abrasión moderada designada con B el material apto para este prototipo según la UNE 18025 es la de tipo textil con un espesor de 1 milímetro.

Se eligió el color blanco ya que para el control de calidad la imagen cambia a escala de grises y es procesada la imagen en negro y de esta manera la banda no interfiera en el procesamiento de imágenes y el control de calidad se realice correctamente.


Cintra Transportadora	Características
	Ancho normalizado de 150mm Material textil de un milímetro de espesor Color blanco Longitud total de la cinta transportadora 1850mm

Tabla 9-3. Características Cintra transportadora
Fuente. Erik Garcés.

Velocidad de la banda transportadora.

De acuerdo a la norma UNE 18025, la velocidad de una banda para transportar peso ligero está entre 0.05 m/s y 1 m/s. Para este prototipo se selecciona una velocidad de 0.1 m/s ya que así se podrá apreciar el proceso con mejor detalle.

Selección del rodillo.

En base al ancho de la banda seleccionamos el diámetro exterior del rodillo.

Ancho de banda (mm)	Diámetro de rodillo (mm)		Peso del rodillo (Kg/m)
	$v < 0.5$ m/s	$v > 0.5$ m/s	
150	50		1.5
200		55 – 63.5	1.75
400		63.5 – 89	1.75
500		63.5 – 89	2
600		63.5 – 89	2

Tabla 10-3. Diámetro de rodillo – Banda transportadora

Fuente. Norma UNE 18025

El diámetro de rodillo a elegir corresponde al de 50mm de diámetro, pero para este prototipo se ha considerado un diámetro de 42mm de diámetro.

Tambor matriz

Características		
Diámetro del Rodillo	42 milímetros	
Longitud del Rodillos	160 milímetros	
Material	Nylon	
Masa	800 gramos	

Tabla 11-3. Características Tambor matriz – Banda transportadora

Fuente. Erik Garcés

Tambor Tensor


Características		
Diámetro del Rodillo	42 milímetros	
Longitud del Rodillos	160 milímetros	
Material	Nylon	
Masa	1100 gramos	
Rodamientos	DJF 16mm	
Material del eje	Acero de Transmisión	

Tabla 12-3. Características Tambor tensor – Banda transportadora

Fuente. Erik Garcés.

Cálculos de esfuerzos.

Configuración que tiene la banda transportadora.



Figura 34-2. Configuración de la banda transportadora

Fuente. Erik Garcés

Diagrama de cuerpo libre

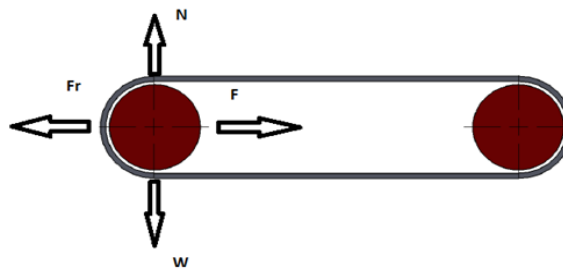


Figura 35-3. Diagrama de cuerpo libre

Fuente. Erik Garcés

Dónde:

Fr = Fuerza de rozamiento

μ = coeficiente de rozamiento

fc = coeficiente de rozamiento del rozamiento

N = Fuerza Normal

W = Peso de los rodillos

g = gravedad

F = fuerza necesaria para mover el sistema

(1)

$$Fr = \mu N$$

$$\mu = fc$$

$$fc = 4$$

$$\sum y = 0$$

$$N - W_{rodillos} = 0$$

$$N = W_{rodillos}$$

$$N = m_{rodillos} * g$$

$$N = (800g + 1100g) * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$N = 1.9Kg * 9.81 m/s^2$$

$$N = 18.6 N$$

La fuerza normal es de 18.6 Néwtones

(2)

$$\sum x = 0$$

$$F - Fr = 0$$

$$F = Fr$$

$$F = \mu . N$$

$$F = 4 * (18.6 N)$$

$$F = 74.4N$$

La fuerza necesaria para mover el sistema de transporte es de 74.4 Néwtones, conociendo la fuerza necesaria para el movimiento del sistema de transporte y la velocidad, con la ecuación 1 podemos encontrar la potencia necesaria para determinar el motor que va a generar el movimiento.

(3)

$$P = F * v$$

Dónde:

P= Potencia, en Watts.

F= Esfuerzo total del sistema de transporte, en Néwtones.

V: Velocidad de la banda transportadora, en m/s

$$P = F * v$$


$$P = 74.4 N * 0.1m/s$$

$$P = 7.44 W$$

Se requiere una potencia de accionamiento de 7.44 Watts para el movimiento de sistema de transporte.

3.2.3. Motor DC para la banda transportadora

El motor es el encargado de dar el movimiento a la banda transportadora.

	Imagen	Voltaje	Potencia	Torque	Mecanismo
Eleva vidrios “Genius”		12 Voltios	7.77 Watts	40.7 kg.cm	Tornillo sin fin



Motor DC Reductor S330012		12 Voltios	2.6 Watts	1.5 kg.cm	Caja reductora
Motor DC Reductor S330100		12 Voltios	4.22 Watts	1.5 kg.cm	Caja reductora

Tabla 13-3. Tabla de selección de motor – Características
Fuente. Erik Garcés.

Tabla de ponderaciones selección de motor para banda transportadora			
	Eleva vidrios “Genius”	Motor DC Reductor S330012	Motor DC Reductor S330100
Voltaje	10	10	10
Potencia	10	4	6
Torque	10	4	6
Mecanismo	9	8	8
Total	39	26	30

Tabla 14-3. Tabla de ponderaciones – Selección de motor
Fuente. Erik Garcés.

En base a la potencia calculada se seleccionó este motor DC con las siguientes características:
Motor Eleva vidrios “Genius”



Figura 36-3. Motor DC para la banda transportadora.
Fuente. Erik Garcés.

Tensión Nominal: 12 V

Torque Nominal: 40.7 kg.cm

Velocidad sin carga: 21 RPM

Potencia Nominal: 7.77 Watts

Mecanismo: Tornillo sin fin

3.2.4. Sensores

El prototipo tecnológico requiere de un sensor que será ubicado en el borde de la banda transportadora con la finalidad de detectar la presencia de un elemento y detenga el movimiento del motor, para de esta manera con el objeto estático y ubicado en un lugar específico se pueda proceder con la visión artificial y también la manipulación de objetos.

En el mercado existen diversos tipos de sensores con características diferentes por lo cual se procede a realizar una tabla comparativa para de esta manera elegir el sensor que mejor se adapte a el prototipo tecnológico.




Tabla comparativa de selección de sensores				
Nombre	Imagen	Tipo de sensor	Tipo de señal	Rango de medición
Sensor IR Infrarrojo		Detector de obstáculos	Digital	2 cm a 30 cm, con ajuste de sensibilidad
El sensor ultrasónico PING Parallax		Sensor de distancia	Digital	2cm a 300 cm
RB-Cit-75		Detector de obstáculos	Digital	2 cm a 10 cm

Tabla 15-3. Tabla comparativa de selección de sensores – Características

Fuente. Erik Garcés.

Tabla de ponderaciones.

En esta tabla se calificará en una escala del 1 al 10 cada característica de los sensores según el desempeño de pruebas preliminares del funcionamiento de los distintos sensores y para de esta manera elegir el mejor.

Tabla de Ponderaciones de selección de sensores			
	Sensor IR Infrarrojo	El sensor ultrasónico PING Parallax	RB-Cit-75
Forma	9	8	5
Tipo de Sensor	9	5	9
Tipo de Señal	10	10	10
Rango de Medición	10	7	8
TOTAL	38	30	32

Tabla 16-3. Tabla de ponderaciones -Selección de sensores.

Fuente. Erik Garcés.

El sensor seleccionado es el “sensor ir” ya que su sensibilidad ajustable se adapta a las dimensiones de la banda transportadora para de esta manera evitar falsos positivos.

Sensor IR Infrarrojo – Características



Figura 37-3. Sensor IR Infrarrojo – Características

Fuente. <https://www.planetaelectronico.com/modulo-arduino-sensor-ir-infrarrojo-reflexivo-p-16152.html>

Sensor infrarrojo emisor y receptor, con circuito procesador de señal y potenciómetro, ajuste fino, con el potenciómetro se puede ajustar la sensibilidad cuando se detecta un obstáculo, el led indicador enciende y el pin de señal se pone en nivel bajo.

- Detección de 2-30 cm
- Angulo de detección 35 grados
- Voltaje 3.3-5v
- Salida digital
- Dimensiones: 3.2 x 1.4cm
- Pines, VCC, GND y SEÑAL

3.2.5. Cámara

La cámara tiene la función de captar la imagen que posteriormente será procesada mediante el código programado de visión artificial.




Cámara				
Nombre	Imagen	Resolución	Tipo de conexión	Incluye software
WCF2750HDRED-CP10		5 Mega píxeles	USB 2.0	No.
In-Sight Micro		5 Mega píxeles	Ethernet (POE)	Si - software In-Sight Explorer.
BOA 1024 IDR		5 Mega píxeles	Ethernet	Si- software IDR, incorporado en la cámara.

Tabla 17-3. Selección de Cámara – Características
Fuente. Erik Garcés.

Tabla de ponderaciones

Se ha calificado cada característica de la cámara en una escala del 1 al 10 tomando en cuenta que aspectos de la cámara se ajustan al prototipo tecnológico desarrollado.

Tabla de ponderaciones de selección de la cámara			
	WCF2750HDRED-CP10	In-Sight Micro	BOA 1024 IDR
Resolución	10	10	10
Tipo de conexión	10	9	9
Incluye software	10	8	8
TOTAL	30	27	27

Tabla 18-3. Selección de Cámara – Tabla de ponderaciones.
Fuente. Erik Garcés.

Para realizar la adquisición de imágenes se ha seleccionado la cámara web WCF2750HDRED-CP10 ya que podemos usarla con el software LabVIEW y su resolución es igual a una cámara especializada de visión artificial.





Figura 38-3. Cámara WCF2750HDRED-CP10

Fuente. https://pcgearheadsupport.com/php/download/detail.php?item_id=186

- Hasta 5,0 MP Captura de Imagen
- Grabación de vídeo de pantalla ancha de alta definición
- Software de seguimiento facial
- Incorporado de fotografías instantáneas y micrófono
- Soporte de sobremesa y portátiles Monte
- Conectividad USB 2.0
- Incorpora luz led blanca con regulador de intensidad
- Masa: 120 gramos. (Gear Head | WebCams)

3.2.6. *Brazo Robótico*

Para realizar la manipulación de objetos se utiliza un brazo robótico el cual se ha seleccionado mediante una tabla en la cual se compara las características de diferentes brazos robóticos que existen en el mercado.

Tabla de selección de brazo robotico					
Nombre	Imagen	Paletizador	Máximo alcance	Máxima carga	Grados de libertad
DIY C4 4-Axis Servos Control Palletizing Robot Arm		Simula la verdadera estructura de brazo robótico paletizador.	308 mm	350 g	4
Edge OWI-535 Brazo robótico		No simula la verdadera estructura de brazo robótico paletizador.	304 mm	100g	5


Kit Lynxmotion AL5D 4DOF Brazo robótico		No simula la verdadera estructura de brazo robótico paletizador.	280mm	120g	4
--	---	--	-------	------	---

Tabla 19-3. Selección de brazo robótico – Características
Fuente. Erik Garcés.

Tabla de ponderaciones de selección de brazo robotico			
	SainSmart Control Palletizing Robot Arm	Edge OWI-535 Brazo robótico	Kit Lynxmotion AL5D 4DOF Brazo robótico
Paletizador	10	5	5
Máximo Alcance	10	9	7
Máxima carga	10	7	8
Grados de libertad	9	10	9
TOTAL	39	31	29

Tabla 20-3. Selección de brazo robótico – Tabla de ponderaciones
Fuente. Erik Garcés.

El brazo robótico seleccionado es: DIY C4 4-Axis Servos Control Palletizing Robot Arm



Figura 39-3. DIY C4 4-Axis Servos Control Palletizing Robot Arm

Fuente. <https://www.sainsmart.com/diy-4-axis-servos-control-palletizing-robot-arm-model-for-arduino-uno-mega2560.html>

Características:

- Simula la verdadera estructura de brazo robótico paletizador
- Material de PVC, procesamiento CNC
- 3 servo motores MG995 55g
- 1 servo motor SG90 9g

- Contacto por rodamiento de articulaciones activas
- 4 grados de libertad
- Mecanismo paralelo en el extremo
- Máxima carga 350 g
- Máximo alcance 308 mm
- Rango de trabajo 180°

MG995 Servo 55g Especificaciones:

- Tamaño: 40.7 * 19.7 * 42.9mm
- Torque: 13 kg / cm
- Responder velocidad de rotación: 53-62R / M
- Temperatura de trabajo: -30 ~ + 60 ° C
- Zona muerta: 4 ms
- Enchufe: JR, Tutaba
- Ángulo de rotación: 180 grados
- Cero analógico
- Corriente de trabajo: 100mA
- voltaje de funcionamiento: 3 - 7.2V
- Engranaje del metal, motor sin núcleo, dos rodamientos de bolas
- Velocidad de operación: 0.17s / 60 grados (4.8V); 0.13s / 60 grados (6.0V)

Especificaciones servo SG90 9G:

- Tamaño: 23 * 12.2 * 29mm
- Peso: 9 g
- Torque: 1,6 kg / cm
- Velocidad de respuesta de rotación: 0.12s - 0.13s / 60degree
- Temperatura de trabajo: -30 ~ + 60 ° C
- Zona muerta: 5 ms
- Enchufe: JR, Tutaba
- Ángulo de rotación: 180 grados
- Corriente de trabajo: 100mA
- Voltaje de funcionamiento: 3.5V - 6V
- Engranaje de Metal

(«4-axis Robot Arm 3D Printing, Arduino, Robotics | Sainsmart»)

3.2.6.1. Pinza

El brazo robótico no cuenta con una pinza para sujetar los objetos, se seleccionará bajo estos criterios.




Tabla de selección – características de pinza			
	Imagen	Masa	Tipo de Servo
Pinza de vacío (ventosa)		0.01g	Ninguno
Lynxmotion Little Grip Kit		100g	Servo MG995 55g
Lynxmotion A Style Gripper Kit		122g	Servo HS-225MG

Tabla 21-3. Selección de pinza – Características
Fuente. Erik Garcés.

Tabla de ponderaciones			
	Pinza de vacío (ventosa)	Lynxmotion Little Grip Kit	Lynxmotion A Style Gripper Kit
Peso	10	8	7
Tipo de Servo	10	8	7
TOTAL	20	16	14

Tabla 22-3. Selección de pinza – Tabla de ponderaciones
Fuente. Erik Garcés.

Se seleccionó la pinza de vacío o ventosa ya que no requiere de un servomotor para su funcionamiento y es capaz de sujetar cualquier elemento que tenga una superficie plana.

3.2.6.2. Pinza de vacío (ventosa)

- Utilizado en sistema de ventosas de vacío
- Peso: 0.01g



Figura 40-3. Pinza de vacío (ventosa)

Fuente. <http://www.robotshop.com/ca/en/vacuum-gripper-cup.html>

Codo para pinza de vacío

- Codo de tubería para uso con el sistema de pinza de vacío
- Peso: 0.01g



Figura 41-3. Codo para pinza de vacío

Fuente. <http://www.robotshop.com/ca/en/vacuum-gripper-elbow-fitting.html>

Bomba de vacío

El Airpo D028B - Características:

- Motor 12V
- Operación de 12W
- Rango de trabajo: 9LPM a 15LPM
- Vacío alcanzable: 70 kPa
- Presión máxima: 150 kPa
- Vida: 500 horas



Figura 42-3. Airpo D028B

Fuente. <https://abra-electronics.com/electromechanical/motors/other-motors/d028b-airpo-vacuum-pump-12v-d028b.html>

3.3. Diseño del prototipo tecnológico

La estructura fue realizada de forma rectangular en la con las siguientes dimensiones:

- Largo: 1000mm
- Ancho: 620mm
- Altura: 400mm

Estas dimensiones permiten una clara visión de lo que se quiere mostrar en el prototipo además están dentro del rango de alcance del brazo robótico para que se pueda mover con libertad y realizar sus funciones con éxito.

La estructura contara con una superficie elevada en la cual se montará la cámara con la facilidad que se pueda regular la altura de la cámara y también se puede desplazar de forma horizontal para encontrar la posición más adecuada de la cámara, además cubre los objetos para obtener una iluminación controlada para así poder obtener una mejor captura de imágenes.

También contara con una estructura para el montaje del brazo robótico el cual le permita movilizarse de forma longitudinal y transversal para encontrar la posición correcta para el brazo robótico, en la cual también se montarán las tarjetas electrónicas y la fuente de poder.

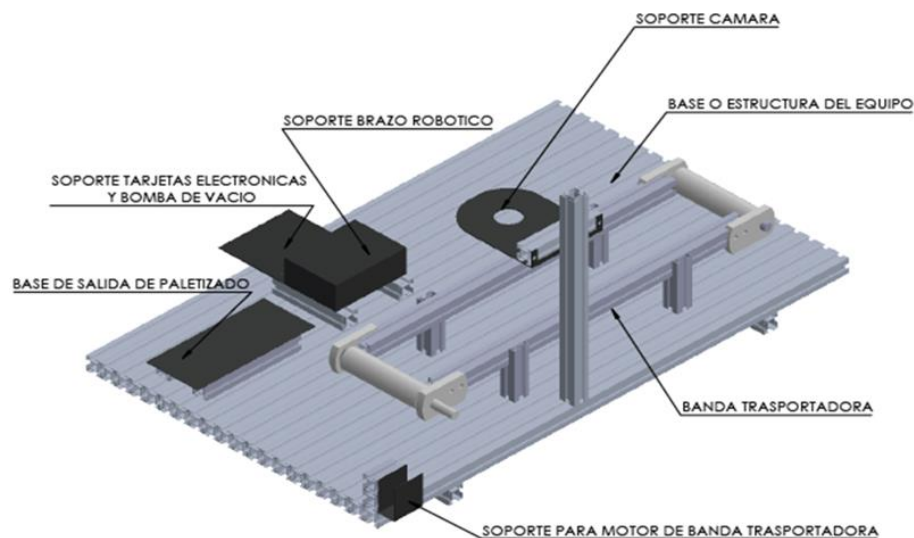


Figura 43-3. Diseño del prototipo tecnológico
Fuente. Erik Garcés

Acotación de la Estructura

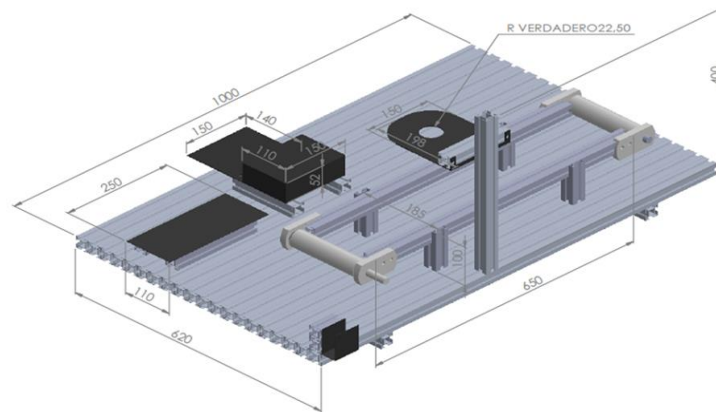


Figura 44-3. Acotación Diseño de Prototipo tecnológico
Fuente. Erik Garcés.

Análisis estático.

Con la ayuda del software SolidWorks se realiza el análisis estático de la estructura del equipo, el software arroja datos confiables en un 85%. Para realizar el análisis estático de la estructura hay q tomar en cuenta el peso de cada elemento para ubicar ese peso en el soporte correspondiente y realizar la simulación.

3.3.1. Soporte de la cámara

Tabla de soporte de la cámara – cálculo de fuerza		
Elemento	Material	Masa
Cámara	Plástico y componentes electrónicos	0.10 kg
Base de la Cámara	metálico	0.30 kg
Perfil Cedal 2350	Aluminio 20cm longitud	0.11 kg
Perfil Cedal 2350	Aluminio 30cm longitud	0.15 kg
Cubierta	Tol	0.30 kg
Luces Led	Plástico y elementos electrónicos	0.01 kg
Total		0.97 kg

Tabla 23-3. Calculo de masa – Soporte de cámara.
Fuente. Erik Garcés.

(4)

$$F = m * g$$

$$F = 0.97 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 9.51 \text{ N}$$

F = fuerza total

g = gravedad

m = masa total

Para iniciar el análisis estático ingresamos la fuerza calculada

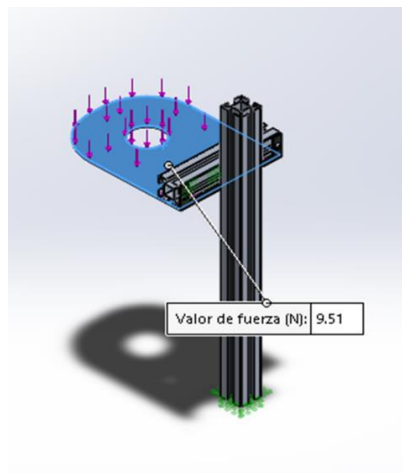


Figura 45-3. Soporte de la cámara
Fuente. Erik Garcés

Tensión de Von Mises

En la figura a escala de deformación de 63.8002, obteniendo como una tensión mínima de (38.546 N/m^2) y como tensión máxima ($8\,494\,795.000 \text{ N/m}^2$) y un límite elástico de ($27\,574\,200.000 \text{ N/m}^2$).

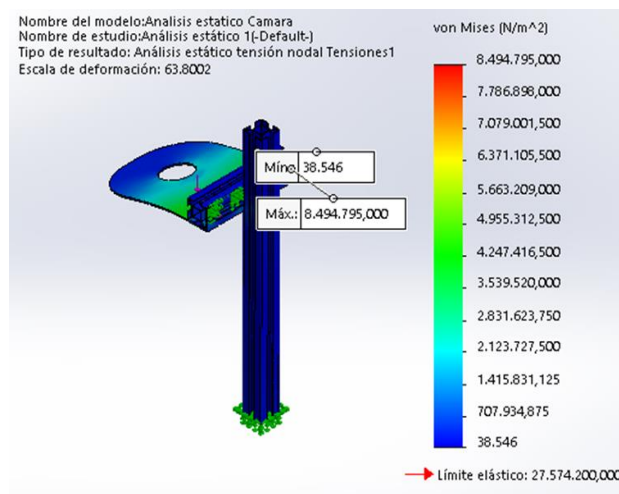


Figura 46-3. Tensión de Von Mises – Soporte de la cámara
Fuente. Erik Garcés

Análisis de deformación del material.

En esta figura se representa el análisis de deformidad a una escala de deformación de 63.8002 en la que se determina que el desplazamiento máximo es de 0.627mm

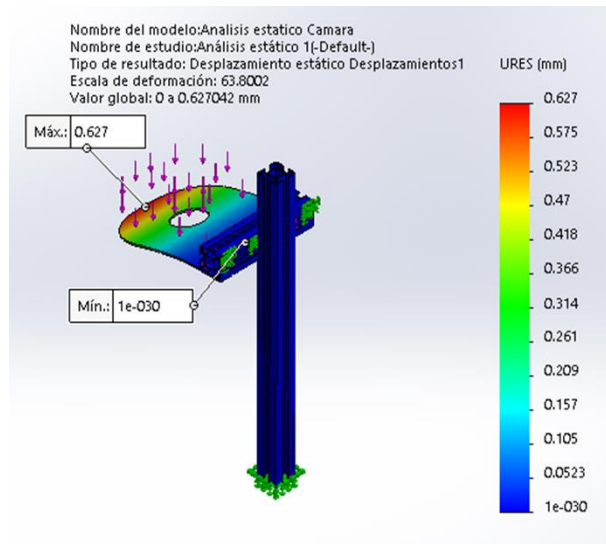


Figura 47-3. Análisis de deformación del material – Soporte de la cámara
Fuente. Erik Garcés.

(5)

Para obtener el factor de seguridad utilizamos los datos de tensión de von Mises.

F max. De deformidad σ von Mises = $8\,494\,795.000\text{N/m}^2$

Limite elástico del acrílico σ limite = $27\,574\,200.000\text{N/m}^2$.

Calculo de tensión de von Mises:

$$\frac{\sigma \text{ von Mises}}{\sigma \text{ Limite}} < 1$$

$$\frac{8494795 \text{ N/m}^2}{27574200 \text{ N/m}^2} < 1$$

$$\frac{8494795 \text{ N/m}^2}{27574200 \text{ N/m}^2} = 0.308 < 1$$

(6)

Dónde:

σ von Mises = Tensión de Von Mises, en N/m²

σ limite = Tensión Limite del acrílico, en N/m²

Cálculo del factor de seguridad:

$$FDS = \frac{1}{\frac{\sigma \text{ von Mises}}{\sigma \text{ Limite}}}$$

$$FDS = \frac{1}{0.308}$$

$$FDS = 3.24$$

Dónde:

FDS = Factor de seguridad de seguridad

Para demostrar que el factor de seguridad de $n = 3.24$ es confiable se realiza la comparación entre la tensión de Von Mises y el esfuerzo de trabajo del material.

(7)

Datos:

Factor de seguridad: $n = 3.25$

Límite elástico: $S_y = 27\,574\,200.000\text{N/m}^2$

F max. De deformidad σ von Mises = $8\,494\,795.000\text{N/m}^2$

Cálculo del esfuerzo de trabajo:

$$\sigma = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma = \frac{27\,574\,200}{3.24}$$

$$\sigma = 8\,510\,555\text{ Pa}$$

$$8\,494\,795\text{ Pa} < 8\,510\,555\text{ Pa}$$

La fuerza máxima de deformidad es menor que el valor calculado, por lo tanto, el material es confiable.

3.3.2. Soporte Tarjetas electrónicas y Bomba de vacío

Calculo de fuerza

Calculo de masa – Soporte Tarjetas electrónicas y Bomba de vacío		
Elemento	Material	Masa
Arduino Uno	Plástico y componentes electrónicos	0.05 kg
Tarjeta Perforada	Plástico y componentes electrónicos	0.05 Kg
Relés (2)	Plástico, Elementos electrónicos	0.07 Kg
Bomba de Vacío	Plástico y metal	0.25 Kg
Cables	Caucho	0.03 Kg
Fuente de energía	Elementos electrónicos	0.70 kg
Total		1.15 Kg

Tabla 24-3. Calculo de masa – Soporte tarjetas electrónicas y bomba de vacío.

Fuente. Erik Garcés.

(8)

$$F = m * g$$

$$F = 1.15\text{ kg} * 9.81\text{ m/s}^2$$

$$F = 11.28\text{ N}$$

F = fuerza total

g = gravedad

m = masa total

Para iniciar el análisis estático se ingresa la fuerza calculada

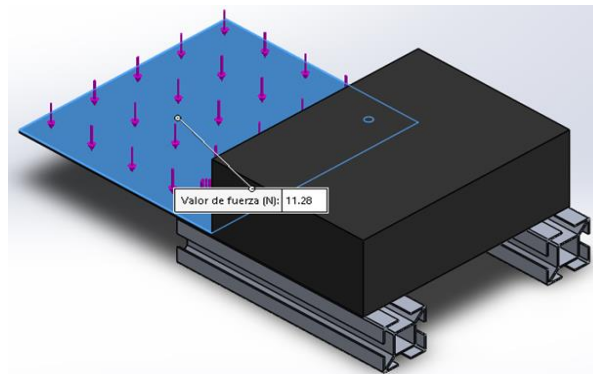


Figura 48-3. Soporte Tarjetas electrónicas y Bomba de vacío
Fuente. Erik Garcés.

Tensión de Von Mises

En este grafico podemos ver los valores obtenidos de tensión mínima igual a (2.9422 N/m²) y tensión máxima de a (12 863 813 N/m²) y un límite elástico de (27 574 200N/m²)

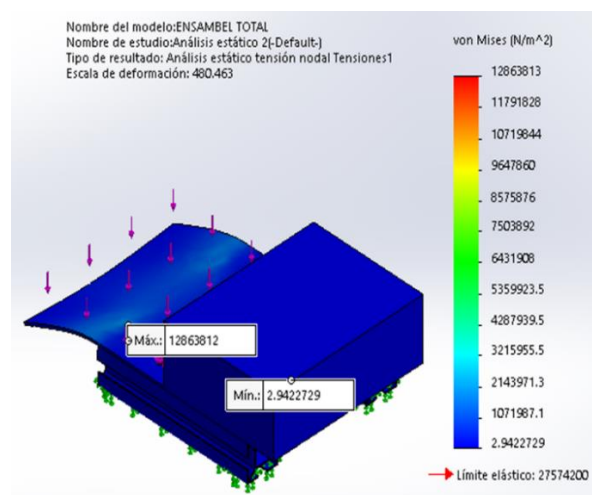


Figura 49-3. Tensión de Von Mises - Soporte Tarjetas electrónicas y Bomba de vacío
Fuente. Erik Garcés

Análisis de deformación del material.

En esta figura se representa el análisis de deformidad a una escala de deformación de 443 415 en la que se determina que el desplazamiento máximo es de 0.0564mm.

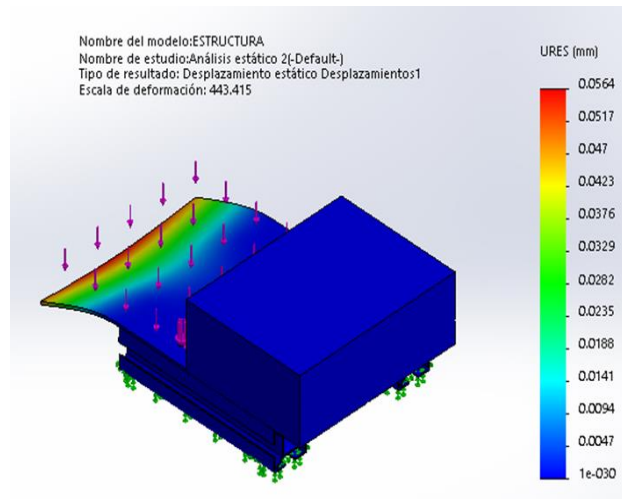


Figura 50-3. Análisis de Deformación de Material
Fuente. Erik Garcés.

(9)

Para obtener el factor de seguridad utilizamos los datos de tensión de von Mises.

Fmax. De deformidad σ von Mises = $12\,863\,812\text{N/m}^2$

Límite elástico del acrílico σ límite = $27\,574\,200\text{N/m}^2$

Cálculo de tensión de von Mises:

$$\frac{\sigma \text{ von Mises}}{\sigma \text{ Límite}} < 1$$

$$\frac{12\,863\,812\text{N/m}^2}{27\,574\,200\text{N/m}^2} < 1$$

$$\frac{12\,863\,812\text{N/m}^2}{27\,574\,200\text{N/m}^2} = 0.46 < 1$$

(10)

Dónde:

σ von Mises = Tensión de Von Mises, en N/m²

σ límite = Tensión Límite del acrílico, en N/m²

Cálculo del factor de seguridad:

$$FDS = \frac{1}{\frac{\sigma \text{ von Mises}}{\sigma \text{ Límite}}}$$

$$FDS = \frac{1}{0.46}$$

$$FDS = 2.17$$

Dónde:

FDS = Factor de seguridad de seguridad

Para demostrar que el factor de seguridad de $n = 2.17$ es confiable se realiza la comparación entre la tensión de Von Mises y el esfuerzo de trabajo del material.

Datos:

Factor de seguridad: $n = 2$

Límite elástico: $S_y = 27\,574.200\text{ N/m}^2$

F max. De deformidad σ von Mises = $13\,863.812\text{ N/m}^2$

Cálculo del esfuerzo de trabajo:

(11)

$$\sigma = \frac{S_y}{n}$$
$$\sigma = \frac{27\,574\,200\text{ N/m}^2}{2.17}$$
$$\sigma = 12\,707\,004\text{ N/m}^2$$

$$13\,863\,812\text{ N/m}^2 < 12\,707\,004\text{ N/m}^2$$

La fuerza máxima de deformidad es menor que el valor calculado, por lo tanto, el material es confiable.

3.3.3. Soporte Brazo Robótico

Calculo de fuerza:

Soporte de brazo robótico		
Elemento	Material	Masa
Brazo robótico	Estructura de PVC, Servomotores y elementos de sujeción	1.6 kg
Total		1.6 kg

Tabla 25-3. Calculo de masa – Soporte brazo robótico
Fuente. Erik Garcés.

(12)

$$F = m * g$$

$$F = 1.6\text{ kg} * 9.81\text{ m/s}^2$$

$$F = 15.7\text{ N}$$

F = fuerza total

g = gravedad

m = masa total

Para iniciar el análisis estático se ingresa la fuerza calculada

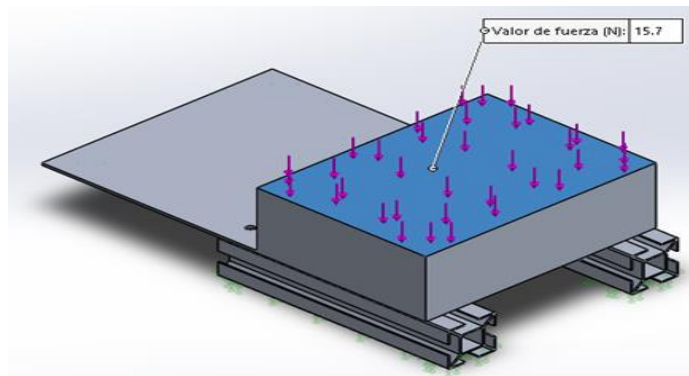


Figura 51-3. Soporte Brazo Robótico
Fuente. Erik Garcés

Tensión de Von Mises

En este grafico podemos ver los valores obtenidos de tensión mínima igual a (2.129 N/m²) y tensión máxima de a (66 149.9 N/m²) y un límite elástico de (27 574 200 N/m²).

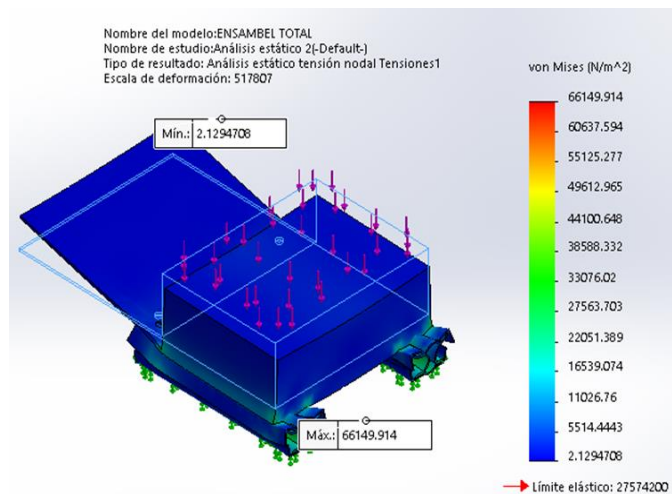


Figura 52-3. Tensión de Von Mises - Soporte Brazo Robótico
Fuente. Erik Garcés

Análisis de deformación del material.

En esta figura se representa el análisis de deformidad a una escala de deformación de 138568 en la que se determina que el desplazamiento máximo es de 0.0002mm

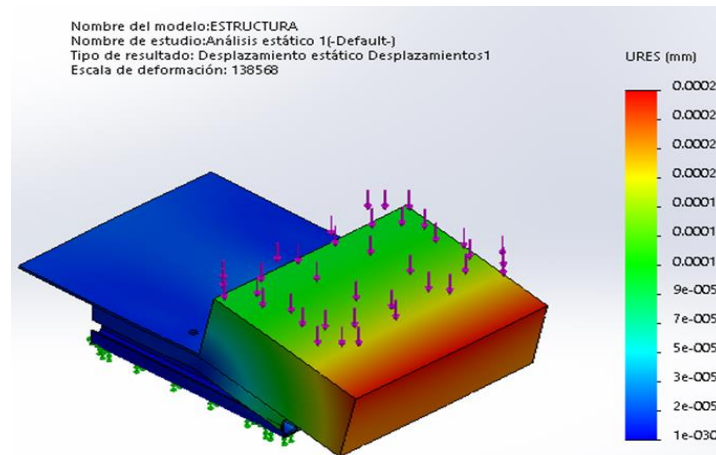


Figura 53-3. Análisis de deformación del material - Soporte Brazo Robótico
Fuente. Erik Garcés

(13)

F.max. De deformidad σ von Mises = $66\,149\,N/m^2$

Limite elástico del acrílico σ limite = $27\,574\,200\,N/m^2$

Calculo de tensión de von Mises:

$$\frac{\sigma \text{ von Mises}}{\sigma \text{ Limite}} < 1$$

$$\frac{66\,149\,N/m^2}{27\,574\,200\,N/m^2} < 1$$

$$\frac{66\,149.9\,N/m^2}{27\,574\,200\,N/m^2} = 0.002 < 1$$

(14)

Dónde:

σ von Mises = Tensión de Von Mises, en N/m^2

σ limite = Tensión Limite del acrílico, en N/m^2

Cálculo del factor de seguridad:

$$FDS = \frac{1}{\frac{\sigma \text{ von Mises}}{\sigma \text{ Limite}}}$$

$$FDS = \frac{1}{0.002}$$

$$FDS = 500$$

Dónde:

FDS = Factor de seguridad de seguridad

Para demostrar que el material es confiable tomaremos un factor de seguridad de $n = 500$ es confiable se realiza la comparación entre la tensión de Von Mises y el esfuerzo de trabajo del material.

Datos:

Factor de seguridad: de $n = 500$

Límite elástico: $S_y = 27\,574\,200\text{ N/m}^2$

F max. De deformidad σ von Mises = $66\,149.914\text{ N/m}^2$

Cálculo del esfuerzo de trabajo:

$$\sigma = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma = \frac{27\,574\,200\text{ N/m}^2}{500}$$

$$\sigma = 13\,787\,200\text{ N/m}^2$$

$$66\,149\text{ N/m}^2 < 55\,148\text{ N/m}^2$$

La fuerza máxima de deformidad es menor que el valor calculado, por lo tanto, el material es confiable.

3.3.4. Banda transportadora

La banda transportadora está compuesta por:

Tambor Motriz:

Es un eje en nylon en el que se acopla una polea para mediante banda se transmita el movimiento del motor.

Laterales Tambor motriz:

Estos elementos están compuestos por el soporte de nylon con un rodamiento para que el movimiento del tambor motriz se realice adecuadamente.

Tambor Tensor:

El tambor tensor está compuesto por un rodillo de nylon con un rodamiento en cada lado y con un eje de acero de esta forma el tambor se mueve libremente siguiendo el sentido de giro del tambor motriz.

Laterales Tambor tensor:

Estos elementos tienen como función sujetar el tambor a la base de la banda, están hechos en material de nylon.

Banda transportadora:

Cálculo de fuerza:

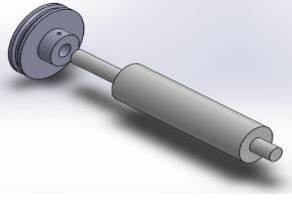
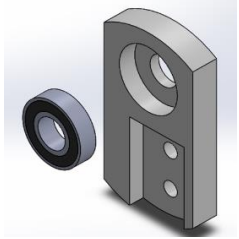
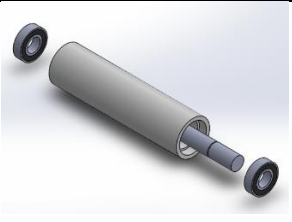
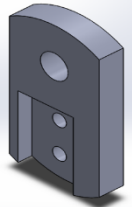
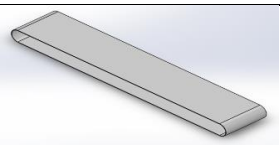
Banda- cálculo de fuerza			
Elemento	Detalle	Imagen	Masa
Tambor Motriz	Eje de Nylon Polea de 1.5 pulgadas de diámetro de aluminio		0.70 kg
Laterales Tambor Motriz	Soportes de Nylon (2) Rodamiento (2)		0.30 kg
Tambor Tensor	Rodillo de Nylon Eje de Acero Rodamientos (2)		0.90 kg
Lateral Tambor Tensor	Soporte de Nylon		0.20 kg
Banda	Banda de fibra textil		0.20 kg
Total			2.30 kg

Tabla 26-3. Cálculo de masa – Banda transportadora
Fuente. Erik Garcés.

(16)

$$F = m * g$$

$$F = 2.30 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 22.56 \text{ N}$$

F = fuerza total

g = gravedad

m = masa total

Para iniciar el análisis estático se ingresa la fuerza calculada

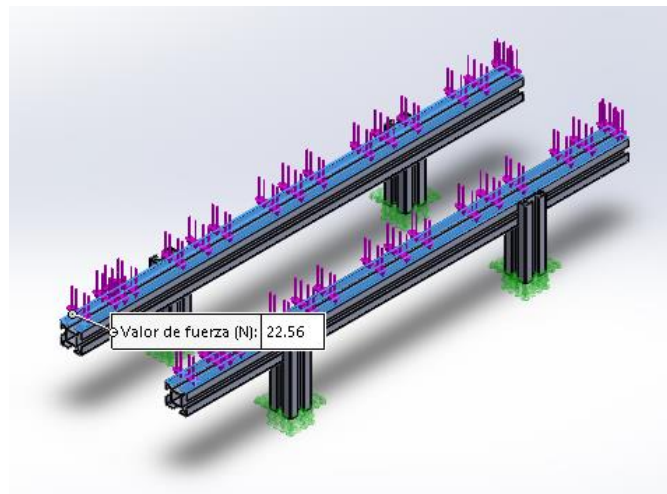


Figura 54-3. Banda transportadora
Fuente. Erik Garcés

Tensión de Van Mises

En este grafico podemos ver los valores obtenidos de tensión mínima igual a 944.75 N/m^2 y tensión máxima de a $10\,482\,184 \text{ N/m}^2$ y un límite elástico de $27\,574\,200 \text{ N/m}^2$

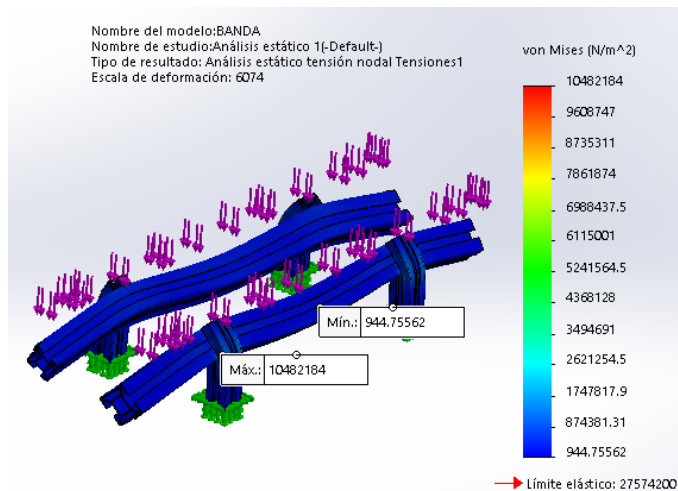


Figura 55-3. Tensión de Van Mises – Banda transportadora
Fuente. Erik Garcés

Análisis de deformación del material.

En esta figura se representa el análisis de deformidad a una escala de deformación de 890 en la que se determina que el desplazamiento máximo es de 0.0123 mm

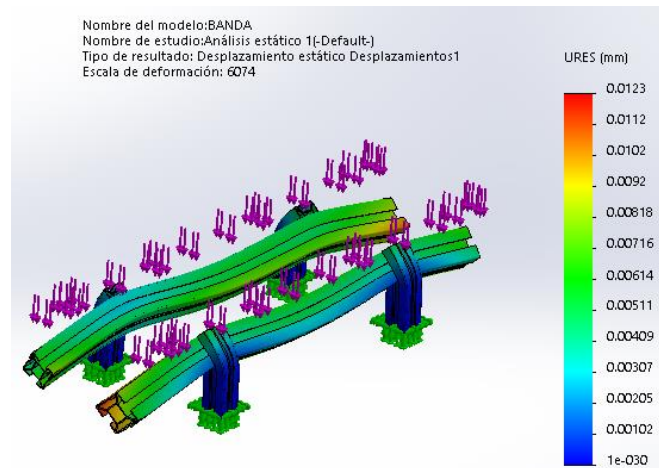


Figura 56-3. Análisis de deformación del material – Banda transportadora
Fuente. Erik Garcés

(17)

Para obtener el factor de seguridad utilizamos los datos de tensión de von Mises.

F max. De deformidad σ von Mises = $10\,482\,184\,N/m^2$

Limite elástico del acrílico σ limite = $27\,574\,200N/m^2$

Calculo de tensión de von Mises:

$$\frac{\sigma \text{ von Mises}}{\sigma \text{ Limite}} < 1$$

$$\frac{10\,482\,184\,N/m^2}{27\,574\,200N/m^2} < 1$$

$$\frac{10\,482\,184\,N/m^2}{27\,574\,200N/m^2} = 0.38 < 1$$

(18)

Dónde:

σ von Mises = Tensión de Von Mises, en N/m^2

σ limite = Tensión Limite del acrílico, en N/m^2

Cálculo del factor de seguridad:

$$FDS = \frac{1}{\frac{\sigma \text{ von Mises}}{\sigma \text{ Limite}}}$$

$$FDS = \frac{1}{0.38}$$

$$FDS = 2.63$$

Dónde:

FDS = Factor de seguridad de seguridad

Para demostrar que el material es confiable tomamos un factor de seguridad de $n = 2.63$ es confiable se realiza la comparación entre la tensión de Von Mises y el esfuerzo de trabajo del material.

Datos:

Factor de seguridad: de $n = 2.63$

Límite elástico: $S_y = 27\,574\,200\text{ N/m}^2$

F max. De deformidad σ von Mises = $10\,482\,184\text{ N/m}^2$

Cálculo del esfuerzo de trabajo:

$$\sigma = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma = \frac{27\,574\,200\text{ N/m}^2}{2.63}$$

$$\sigma = 13\,787\,100\text{ N/m}^2$$

$$10\,482\,184\text{ N/m}^2 < 10\,484\,486\text{ N/m}^2$$

La fuerza máxima de deformidad es menor que el valor calculado, por lo tanto, el material es confiable. El esfuerzo de material del trabajo es mayor que el límite elástico, por lo tanto, el material es confiable.

3.3.5. Base del prototipo tecnológico

Cálculo de fuerza:

Tabla de cálculo de fuerza de la base de un prototipo tecnológico		
Elemento	Detalle	Masa
Soporte Cámara	Cámara	0.97 kg
	Base de la Cámara	
	Perfil Cedral 2350	
Soporte Tarjetas electrónicas y bomba de vacío	Arduino Uno	1.15 kg
	Tarjeta Perforada	
	Relés (2)	
	Bomba de Vacío	
	Cables	
Base pallets	Perfil de aluminio 2350 Cedral (20cm) x 2	0.85 kg
	Plancha de aluminio	
Banda transportadora	Tambor motriz	2.30 kg
	Laterales tambor motriz (2)	
	Tambor tensor	
	Laterales tambor tensor (2)	
	Banda	

	Perfil de aluminio 2350 Cedal (65 cm) x (4) Perfil de aluminio 2350 Cedal (10 cm) x (2)	
Control y Adquisición de Datos	Laptop	2.20 Kg
Total		7.47 kg

Tabla 27-3. Calculo de masa – Base prototipo tecnológico.

Fuente. Erik Garcés.

(20)

$$F = m * g$$

$$F = 7.47 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 73.28 \text{ N}$$

F = fuerza total

g = gravedad

m = masa total

Para iniciar el análisis estático se ingresa la fuerza calculada

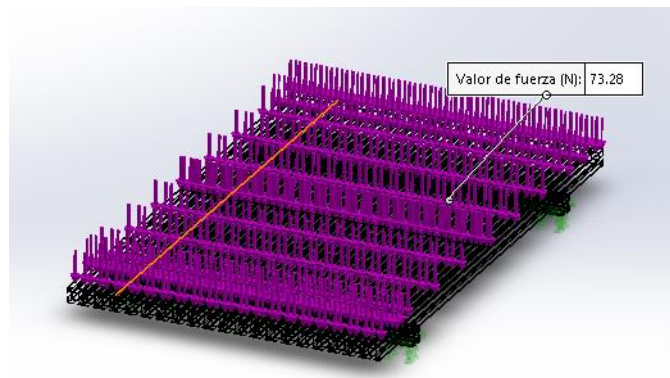


Figura 57-3. Base del prototipo tecnológico

Fuente. Erik Garcés

Tensión de Van Mises

En este grafico podemos ver los valores obtenidos de tensión mínima igual a 138.58 N/m^2 y tensión máxima de a $17\,945\,420 \text{ N/m}^2$ y un límite elástico de $27\,574\,200 \text{ N/m}^2$

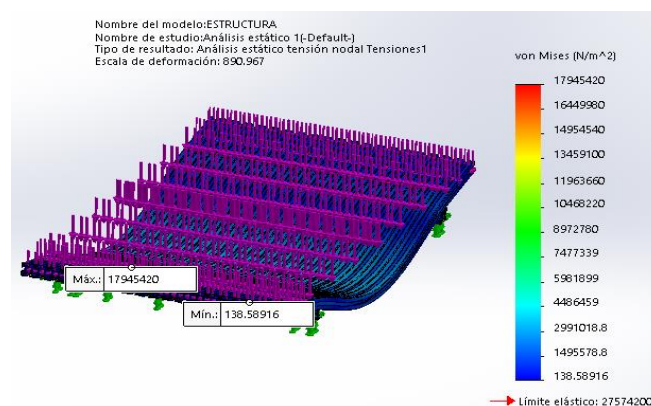


Figura 58-3. Tensión de Van Mises - Base del prototipo tecnológico

Fuente. Erik Garcés

Análisis de deformación del material.

En esta figura se representa el análisis de deformidad a una escala de deformación de 890 en la que se determina que el desplazamiento máximo es de $0.1123mm$.

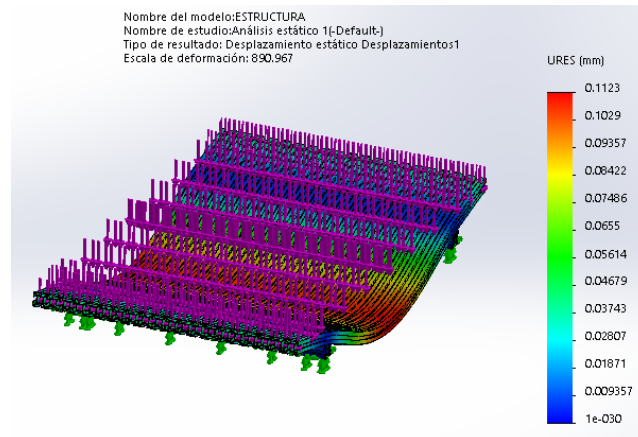


Figura 59-3. Análisis de deformación del material - Base del prototipo tecnológico
Fuente. Erik Garcés

(21)

Para obtener el factor de seguridad utilizamos los datos de tensión de von Mises.

F max. De deformidad σ von Mises = $17\,945\,420\,N/m^2$

Limite elástico del acrílico σ limite = $27\,574\,200N/m^2$

Calculo de tensión de von Mises:

$$\frac{\sigma \text{ von Mises}}{\sigma \text{ Limite}} < 1$$

$$\frac{17\,945\,420\,N/m^2}{27\,574\,200N/m^2} < 1$$

$$\frac{17\,945\,420\,N/m^2}{27\,574\,200N/m^2} = 0.65 < 1$$

(22)

Dónde:

σ von Mises = Tensión de Von Mises, en N/m^2

σ limite = Tensión Limite del acrílico, en N/m^2

Cálculo del factor de seguridad:

$$FDS = \frac{1}{\frac{\sigma \text{ von Mises}}{\sigma \text{ Limite}}}$$

$$FDS = \frac{1}{0.65}$$

$$FDS = 1.53$$

(23)

Dónde:

FDS = Factor de seguridad de seguridad

Para demostrar que el factor de seguridad de $n = 1.53$ es confiable se realiza la comparación entre la tensión de Von Mises y el esfuerzo de trabajo del material.

(24)

Datos:

Factor de seguridad: de $n = 1.53$

Límite elástico: $S_y = 27\,574\,200\text{ N/m}^2$

F max. De deformidad σ von Mises = $17\,945\,420\text{ N/m}^2$

Cálculo del esfuerzo de trabajo:

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{S_y}{n} \\ \sigma &= \frac{27\,574\,200\text{ N/m}^2}{1.53} \\ \sigma &= 18\,382\,800\text{ N/m}^2 \\ 17\,945\,420\text{ N/m}^2 &< 18\,022\,352\text{ N/m}^2\end{aligned}$$

La fuerza máxima de deformidad es menor que el valor calculado, por lo tanto, el material es confiable.

3.3.6. *Diseño final de prototipo tecnológico*

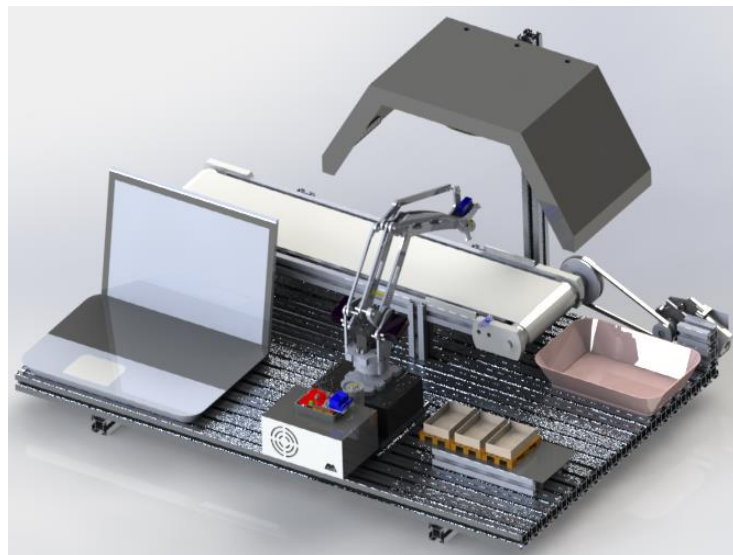


Figura 60-3. Prototipo Tecnológico Diseño final
Fuente. Erik Garcés

Con la ayuda de la herramienta de render de SolidWorks se realizó una imagen que se aproxima a la realidad de prototipo tecnológico terminado.

3.4. Construcción del equipo

3.4.1. Construcción Base del prototipo tecnológico

Para la construcción de la Base de dimensiones que tiene dimensiones de largo 1000 mm, 620 mm de ancho y 400 mm de altura se cortaron 22 elementos de aluminio 2350 Cedal y 2 de longitud de 620 mm, para posteriormente unirlos y sujetarlos con tornillos.


Construcción Base del prototipo tecnológico	
Elementos Utilizados	Descripción
	En esta imagen podemos ver la parte posterior de la base, en la cual están agrupadas 22 elementos de 1000mm de longitud unidos por dos elementos de 620mm de longitud que cruzan transversalmente y unen todos los elementos con tornillos.

Tabla 28-3. Construcción de base del prototipo tecnológico.

Fuente. Erik Garcés.

3.4.2. Construcción de Banda

Para la construcción de la banda transportadora se necesitaron 2 elementos de aluminio de longitud de 650 mm y 4 elementos de altura de 100 mm con un corte lateral, longitudinal y una perforación de 9 mm de diámetro para posteriormente ser unidos mediante pernos y mariposas para que de esta manera los elementos sean desplazados a lo largo de la banda transportadora.

Elementos estructurales	
Elementos	Descripción
	En esta imagen tenemos los dos elementos de 650 mm de longitud los mismos que servirán de guías de la banda transportadora y sostendrán los demás elementos motrices y tensores.






	<p>Estos elementos tienen una longitud de 100mm y presentan un corte transversal la cual sirve de apoyo para los elementos guías, además se observa una perforación por la que se cruzara pernos de 9mm de diámetro.</p>
	<p>Los elementos guías y los elementos de apoyo son sujetados entre sí mediante pernos y mariposas para de esta manera ser ajustables a la medida de lo que el prototipo tecnológico lo requiera.</p>

Tabla 29-3. Contrición elementos estructurales - Banda transportadora
Fuente. Erik Garcés.

Elementos motrices	
Elemento	Descripción
<p>Tambor motriz.</p> 	<p>Este elemento es un eje de material nylon maquinado en un torno. En la sección izquierda tiene un diámetro de 16mm y una longitud de 30mm, la segunda media tiene un diámetro de 42 mm y una longitud de 160mm, la sección derecha tiene un diámetro de 16mm y una longitud de 50mm.</p>
<p>Polea</p> 	<p>Se utiliza una polea de 60mm exterior y un diámetro interior de 57mm de diámetro de material de fundición de aluminio, con un agujero céntrico de 16mm de diámetro y uno transversal de 6mm para la sujeción mediante un prisionero.</p>
<p>Elementos Laterales del Tambor Motriz</p> 	<p>Para la elaboración de los elementos laterales se utilizó el material nylon, contienen rodamientos y dos agujeros de 9mm de diámetro por los cuales se cruzan pernos para sujetarlos a las guías de la banda transportadora para mantenerse fijos y de esta manera el tambor motriz gire libremente gracias a los rodamientos.</p>



Tambor Tensor 	<p>El tambor tensor está compuesto por un eje de acero que cruza por el centro de dos rodamientos fijados gracias a vinchas y en su exterior encuentra un eje hueco de nylon para así formar un rodillo el cual rota libremente en cualquier sentido.</p>
Elementos Laterales del Tambor Tensor 	<p>Los elementos laterales del tambor tensor tienen como función sujetar el eje de acero de 16mm de diámetro del tambor tensor para permitir el giro del eje hueco en cualquiera de los dos sentidos, son elementos elaborados en nylon y con dos agujeros de 9mm de longitud para sujetarse mediante pernos a las guías de la banda transportadora</p>

Tabla 30-3. Construcción elementos motrices – Banda transportadora
Fuente. Erik Garcés.

3.4.3. Construcción soporte de cámara

El soporte de la cámara debe estar a una altura adecuada en la cual se permita una correcta adquisición de imágenes y además no interfiera en los movimientos del brazo robótico cuando este sea accionado.



Construcción soporte de cámara	
Elementos	Descripción
	<p>El soporte de la cámara es construido con un elemento estructural de 400mm de longitud, un elemento de 15mm de longitud con una perforación de 9 mm en el centro y un destaje en un extremo del mismo, una placa de aluminio con un agujero de 55mm de diámetro y pernos, tuercas y mariposas para su unión.</p>
	<p>La placa se sujeta al interior de los laterales con pernos y tuercas convirtiéndose en un solo elemento. De igual forma se sujetan ambos elementos estructurales con un perno de 2 pulgadas de longitud y que cruza todo el cuerpo del elemento de 15mm de longitud y se sujeta con una mariposa a la altura que se desee.</p>

Tabla 31-3. Construcción soporte de la cámara
Fuente. Erik Garcés.

Cubierta. - Está cubierta tiene como finalidad cubrir de la luz ambiental que exista y alojar leds blancos de alta intensidad los cuales iluminaran de forma controlada a los elementos para que el proceso de visión artificial se realice de la mejor manera.


Construcción de la cubierta	
Cubierta	Descripción
	La cubierta está elaborada en tol de un milímetro de espesor, fue doblada y soldada, se realizaron tres perforaciones en el lateral para ser sujeta mediante pernos que cruzan y se montaran a un elemento estructural de 40mm de longitud.

Tabla 32-3. Construcción de cubierta - Cámara

Fuente. Erik Garcés.

3.4.4. Construcción Soporte de Brazo Robótico y Tarjetas Electrónicas

El soporte para el brazo robótico y tarjetas electrónicas tiene como función sujetar el brazo robótico, y soportar las vibraciones que se generen por la bomba de vacío y la fuente de poder que alimenta de energía a todo el prototipo tecnológico.





Construcción Soporte de Brazo Robótico y Tarjetas Electrónicas	
Elemento	Descripción
	La base para el brazo robótico y las tarjetas electrónicas necesita 2 elementos de aluminio de 250mm de longitud q se sujetará a la base mediante ángulos, pernos y mariposas, sobre estos elementos se asienta una placa de aluminio y madera en la cual se ubica el brazo robótico, las tarjetas electrónicas y la fuente de poder.

Tabla 33-3. Construcción Base Brazo robótico y tarjetas electrónicas

Fuente. Erik Garcés.

Ensamblaje del prototipo tecnológico

Después de construir las diferentes partes del prototipo robótico se procede a ensamblar.

Ensamblaje del prototipo tecnológico	
Banda Transportadora 	La Banda transportadora es sujeta a la base mediante ángulos que a su vez se unen con pernos, tuercas y mariposas, además se instaló la banda de material textil por la cual se transportan los elementos.
Sensor e iluminación 	El sensor infrarrojo IR se ubica sobre el lateral izquierdo del tambor tensor separado por 3mm de la banda transportadora. Se instaló dos tiras de led de luz blanca de alta intensidad en los elementos guías junto a los elementos laterales del tambor tensor.
Motor DC 	El motor de esta sujeta a una carcasa la cual se la puede mover a lo largo de la base para de esta manera colocar la banda de transmisión en las poleas del motor y del tambor motriz y así darle la tensión adecuada y transmitir el movimiento del motor a la banda transportadora.
Camara Web 	La cámara web ha sido instalada en el agujero de la placa de aluminio del soporte y sujeta con silicón para evitar que pierda el enfoque.
Cubierta 	La cubierta fue instalada sobre el soporte de la cámara y sujeta con un elemento de aluminio con un agujero en el centro y un perno de 2 pulgadas el cual cruza por todo el elemento y por el tol de la cubierta para ser sujeta con una mariposa.

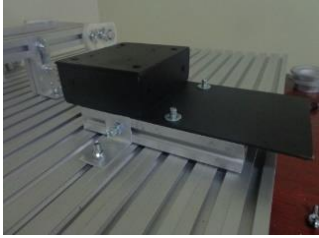

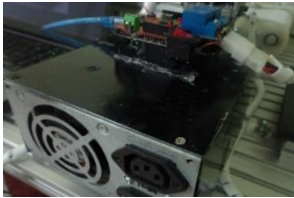
<p>Base de brazo robotico y elementos.</p> 	<p>De igual forma esta base para el brazo robótico y los elementos electrónicos es sujeta en su parte inferior con ángulos, pernos, tuercas y mariposas y de igual manera en la parte donde se ubican los elementos electrónicos, bomba de vacío y fuente de poder.</p>
<p>Brazo robotico</p> 	<p>El brazo robótico es sujetado mediante 4 tornillos que se encuentran uno en cada extremo de su base.</p>
<p>Elementos electronicos</p> 	<p>Una vez montada y sujeta la base para estos elementos se procede a montar y sujetarlos, además se realiza el cableado de todas las entradas y salidas de acuerdo al diagrama del circuito.</p>

Tabla 34-3. Ensamble prototipo tecnológico
Fuente. Erik Garcés.

PROTOTIPO TECNOLÓGICO CONSTRUIDO

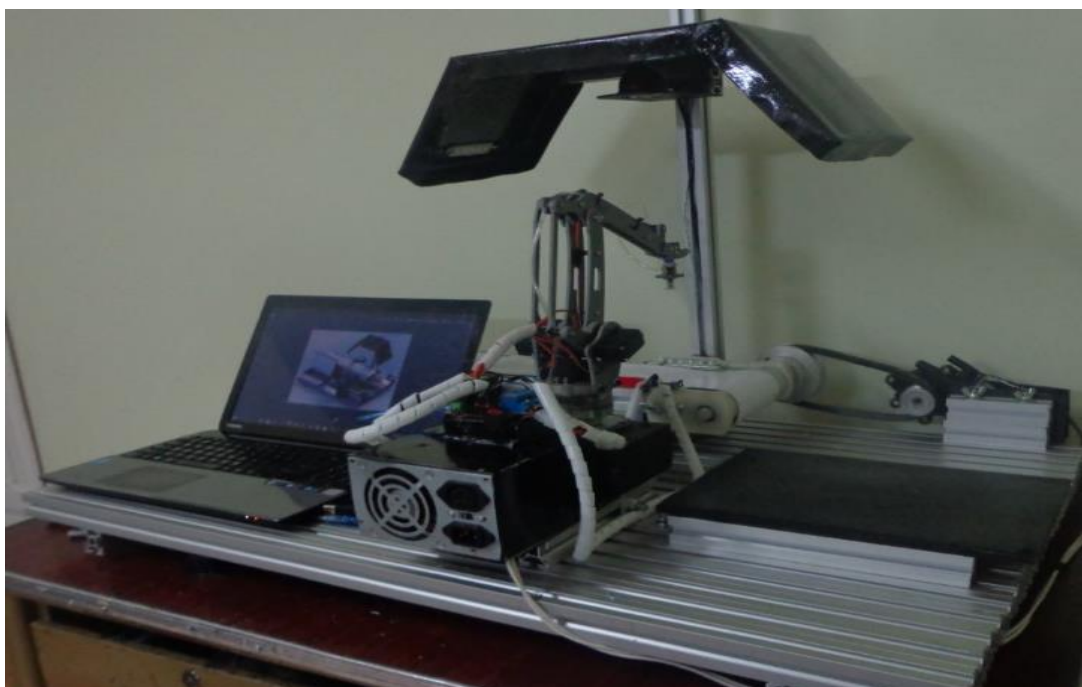


Figura 61-3. Prototipo tecnológico Construcción completa
Fuente. Erik Garcés.

3.4.5. Diseño del circuito

El control de sensores y actuadores se realizan mediante la utilización de una tarjeta Arduino UNO la para la cual se ha realizado un diagrama que describe las conexiones desde la tarjeta a los elementos electrónicos.

Entradas	
Pin 4	Sensor Infrarrojo IR
Salidas	
Pin 3	Control de Iluminación (pwm)
Pin 5	Control de Iluminación (pwm)
Pin 6	Bomba se Vacío
Pin 7	Motor DC Banda Transportadora
Pin 8	Servo Motor
Pin 9	Servo Motor
Pin 10	Servo Motor
Pin 12	Servo Motor

Tabla 35-3. Conexión de arduino – sensores y actuadores
Fuente. Erik Garcés.

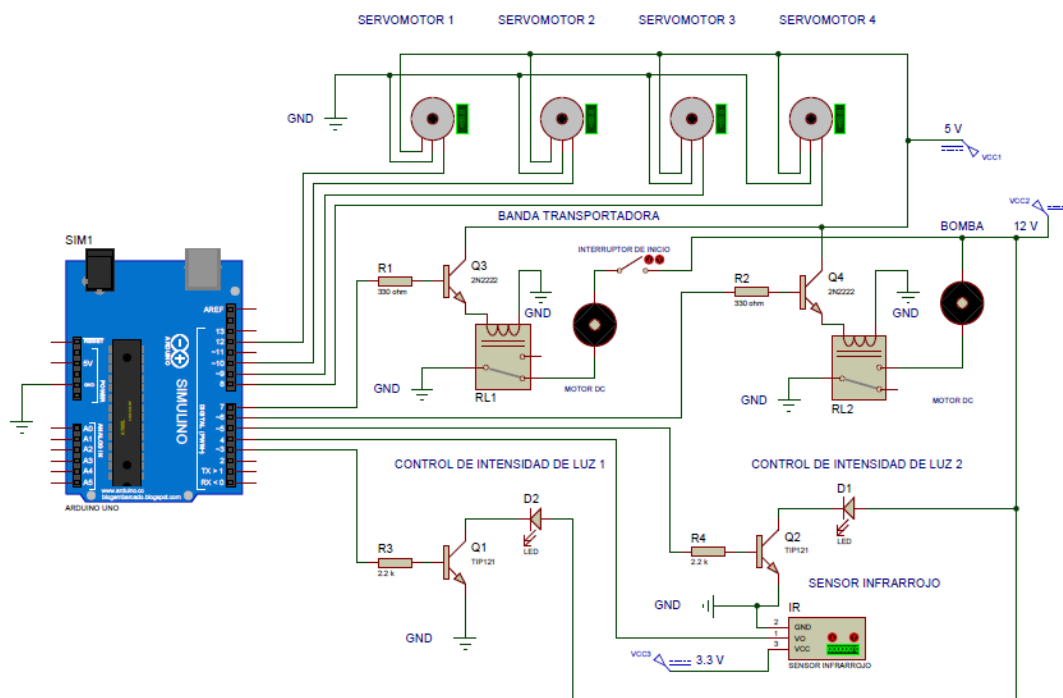


Figura 62-3. Diseño de Circuito.
Fuente. Erik Garcés.

3.5. Desarrollo de la Aplicación

La aplicación es desarrollada en LabVIEW y tiene cuatro funciones.

3.5.1. Medición de elementos rectangulares: Panel frontal “Medir elementos rectangulares”

En el panel frontal debemos ingresar los datos de largo, ancho y tolerancia, se debe seleccionar si deseamos medir solamente largo o solamente el ancho, posteriormente debemos elegir si se extraerán los elementos que cumplan con esas medidas o si se extraerá los elementos que no cumplan con las medidas o ambos, y finalmente debemos escribir la dirección de la carpeta en la cual se guarda la imagen capturada creándose así un registro de imágenes, al finalizar el proceso tendremos la opción de exportar a Excel la tabla de registros en la cual se cuantificara la cantidad de elementos inspeccionados, sus medidas y la hora y la fecha en la que fueron registrados.

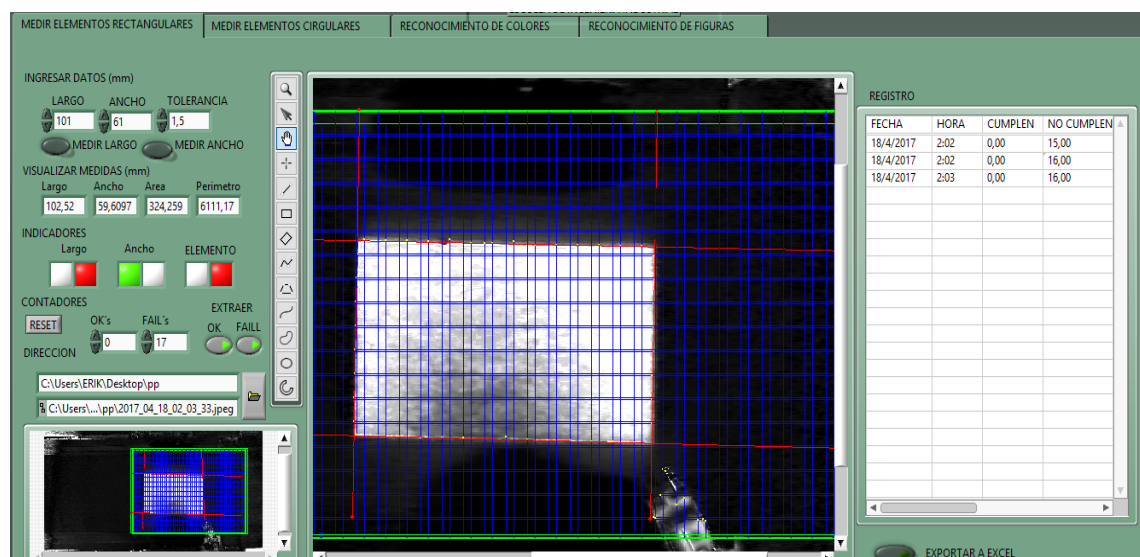


Figura 63-3. Panel frontal “Medir elementos rectangulares”

Fuente. Erik Garcés.

Algoritmo del programa

El proceso para medir elementos rectangulares inicia con el transporte y detección de elementos, seguido se inicia la adquisición y procesamiento de imágenes en la que según lo seleccionado en el panel frontal accionara el brazo robótico hacia la posición 1 ó se accionara la banda transportadora por 2 segundos.

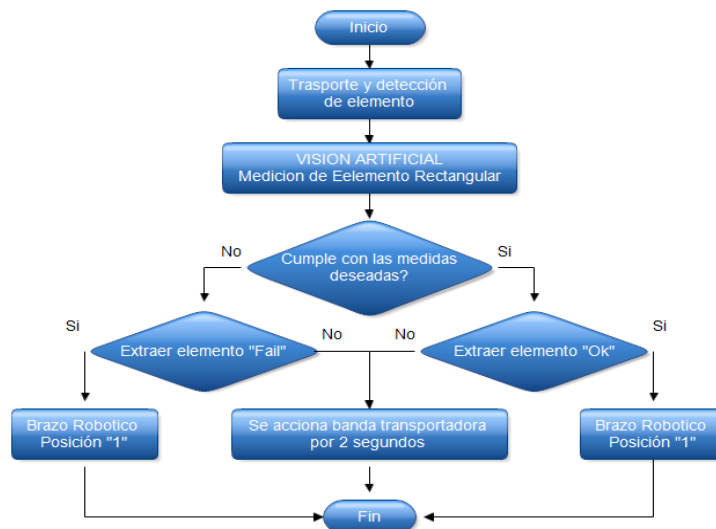


Figura 64-3. Algoritmo del programa “Medir elementos rectangulares”.
Fuente. Erik Garcés.

3.5.2. Medir elementos circulares: Panel frontal “Medir elementos circulares”

Debemos ingresar los valores de diámetro y tolerancia, seleccionar cuales elementos serán extraídos y escribimos la dirección en la cual se guardarán las imágenes capturadas, y la opción de exportar a Excel la tabla de registro.

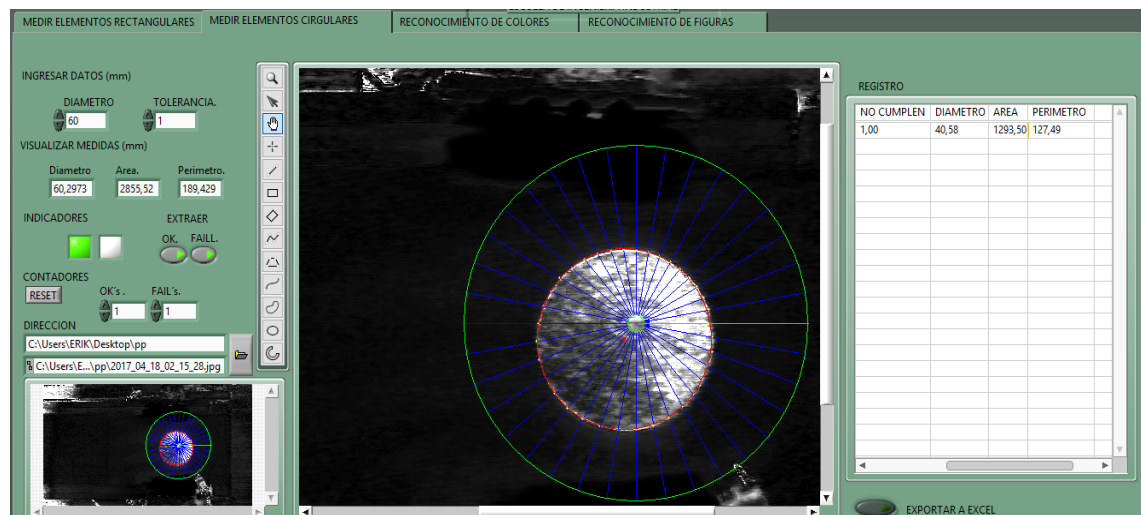


Figura 65-3. Panel frontal “Medir elementos circulares”
Fuente. Erik Garcés

Algoritmo del programa

El proceso para medir elementos circulares inicia con el transporte y detección de elementos seguido se inicia la adquisición y procesamiento de imágenes en la que según lo seleccionado en

el panel frontal accionara el brazo robótico hacia la posición “1” o se accionara la banda transportadora por 2 segundos.

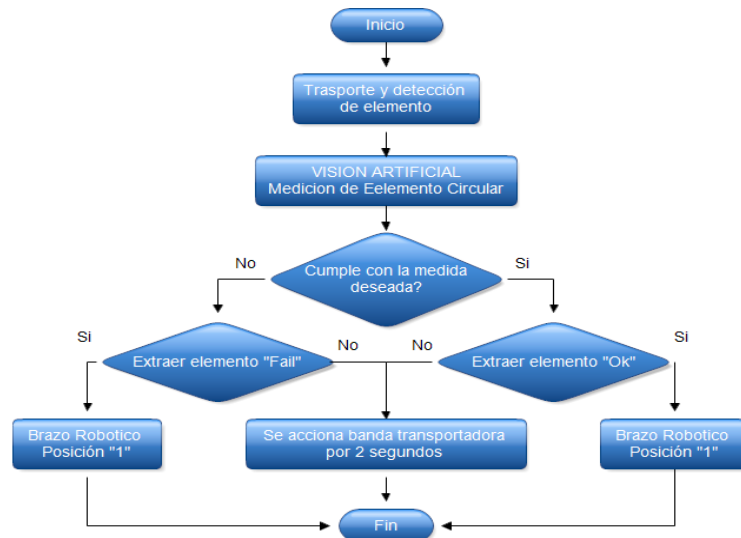


Figura 66-3. Algoritmo del programa “Medir elementos circulares”.

Fuente. Erik Garcés.

3.5.3. Clasificación de Colores: Panel Frontal “Clasificación de colores”

En este panel frontal seleccionaremos los colores que se extraerán, puede ser uno como pueden ser todas, debemos ingresar la dirección de la carpeta para el registro de imágenes y al finalizar podremos exportar el registro a Excel.

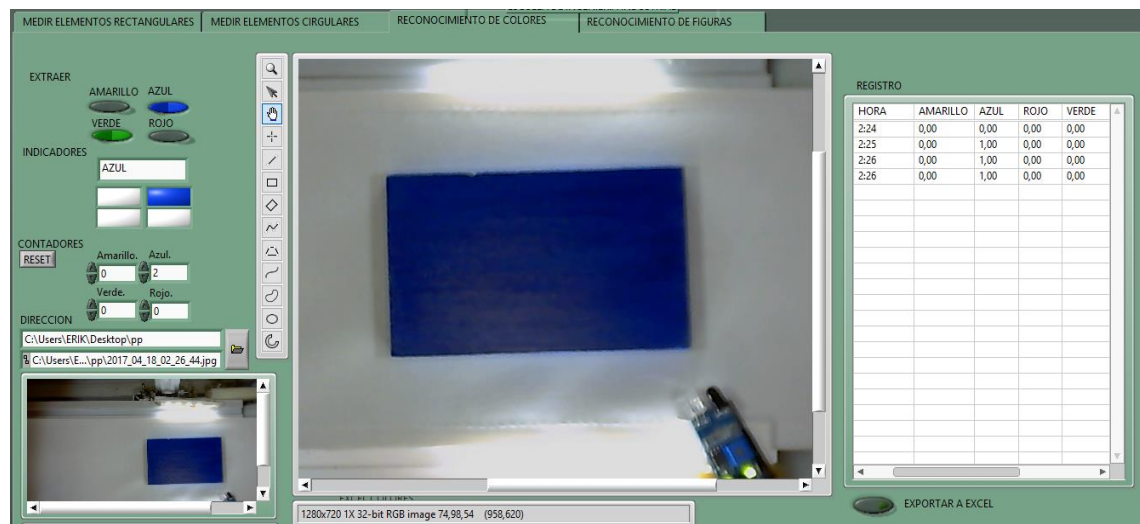


Figura 67-3. Panel Frontal “Clasificación de colores”

Fuente. Erik Garcés

Algoritmo del programa

De acuerdo con lo elegido en el panel frontal al identificar un color y este ser extraído el brazo robótico se accionará y moverá el elemento de acuerdo a una posición ya programada es decir

que para cada color ya existe una posición asignada donde será ubicado, en caso de que el color no sea identificado o este no se desee extraer la banda se accionara durante 2 segundos.

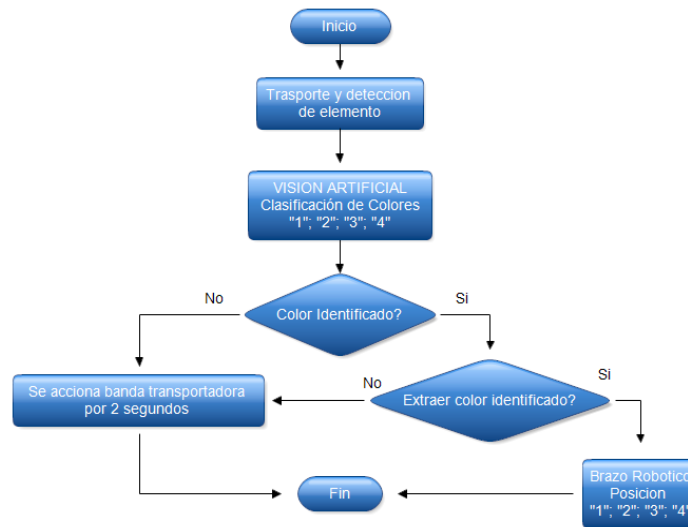


Figura 68-3. Algoritmo del programa
Fuente. Erik Garcés

3.5.4. Reconocimiento de figuras: Panel Frontal “Clasificación de figuras”

En este panel frontal seleccionaremos que figuras se extraerán, puede ser uno como pueden ser todas, debemos ingresar la dirección de la carpeta para el registro de imágenes y al finalizar podremos exportar el registro a Excel.



Figura 69-3. Panel Frontal “Clasificación de figuras”
Fuente. Erik Garcés

Algoritmo del programa

Después de elegir en el panel frontal que figuras serán extraídas el brazo robótico seccionara y moverá el o los elementos a una ubicación ya establecida en el programa para así clasificarlos, si

el proceso de visión artificial no identifica la figura o en caso de que la figura no desee extraer la banda trasportadora se accionara durante 2 segundos.

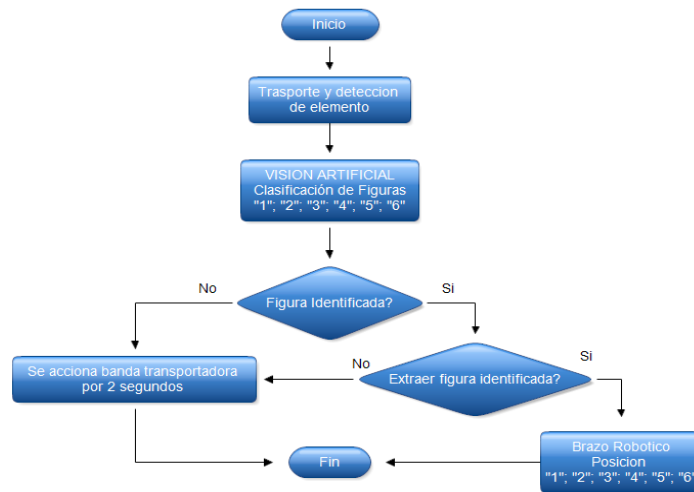


Figura 70-3. Algoritmo del Programa
Fuente. Erik Garcés

3.6. Programación

3.6.1. Transporte y detección del elemento

Se crea un Sub VI en el cual el pin 4 correspondiente al sensor cuando detecta la presencia de un objeto envía un booleano a la entrada del pin 7 correspondiente al motor de la banda trasportadora para así detenerlo y a su vez ese valor también detiene el bucle del while loop.

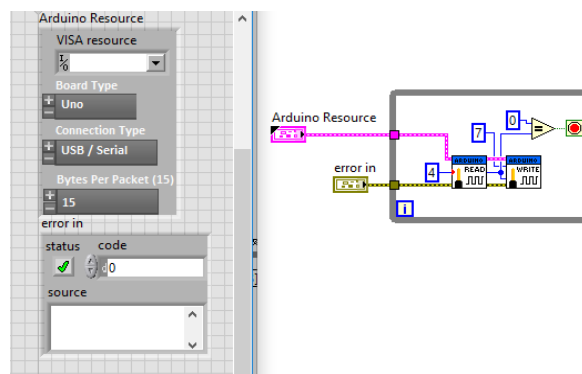


Figura 71-3. Sub VI - Transporte y detección del elemento.
Fuente. Erik Garcés.

3.6.2. Visión Artificial

3.6.2.1. Adquisición de imágenes

La adquisición de imágenes se realiza ubicando y conectando los bloques, seleccionando que cámara se utilizara y asignando un nombre a la imagen adquirida.

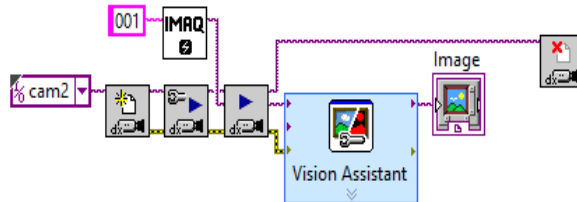


Figura 72-3. Adquisición de imágenes.
Fuente. Erik Garcés.

La imagen adquirida pasa por el Visión Assistant para ser procesada y posteriormente se visualiza en una pantalla.

3.6.2.2. Procesamiento de imágenes

El procesamiento de imágenes se realiza en el Sub VI Visión Assistant en el cual se genera el algoritmo de visión seleccionando los bloques de programa correspondientes a lo que se desee evaluar en la imagen, además se seleccionan los controles con los cuales se programa indicadores y accionadores en el diagrama de bloques.

3.6.2.3. Medición de elementos rectangulares

En el procesamiento de imágenes lo primero es extraer los colores de la imagen adquirida para que los siguientes bloques de programa detecten los bordes, un borde superior, un borde inferior, un borde a el lado derecho y un borde a el lado izquierdo.

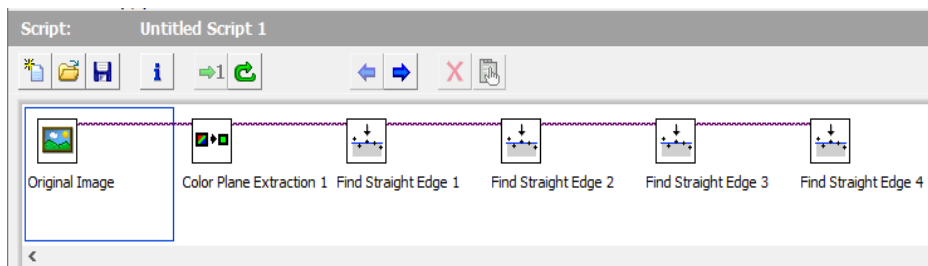


Figura 73-3. Medición de elementos rectangulares
Fuente. Erik Garcés

Posterior a esto seleccionamos los controles resultantes de los bloques de detección de bordes con los que se realizara la programación en el diagrama de bloques.

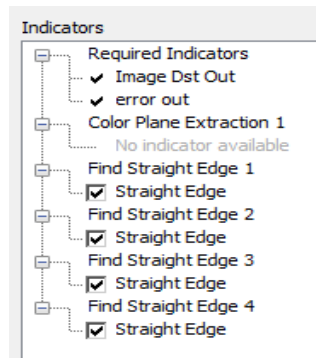


Figura 74-3. Controles medición de elementos rectangulares
Fuente. Erik Garcés

Una vez creado el Sub VI de Visión Assistant con los controles seleccionados se toma las dimensiones que procesan los bloques detectores de bordes, realizamos una diferencia entre bordes para obtener una dimensión y se multiplica por un factor que convierte la dimensión dada en pixeles a milímetros y se visualizan en la pantalla.

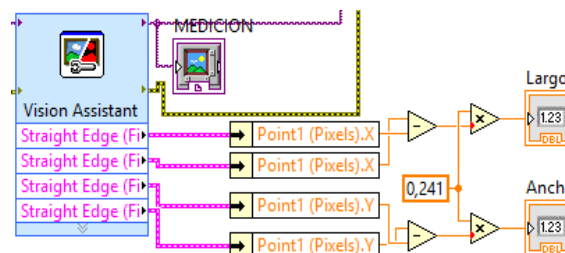


Figura 75-3. Medición de elementos rectangulares - Programación Diagrama de Bloques
Fuente. Erik Garcés.

3.6.2.4. Medición de elementos circulares

De igual manera el primer bloque en nuestro algoritmo del Sub VI del Visión Assistant es la extracción de color para posteriormente conectarlo con el bloque que detecta los bordes circulares.

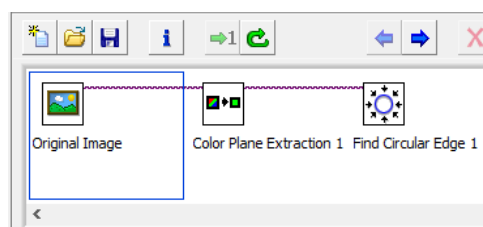


Figura 76-3. Medición de elementos circulares
Fuente. Erik Garcés

Seleccionamos el control de borde de círculo y procedemos a crear el Sub VI.

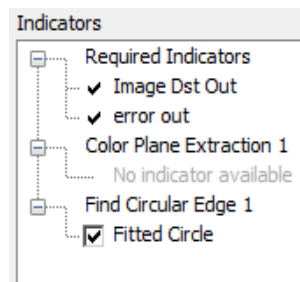


Figura 77-3. Controles - Medición de elementos circulares
Fuente. Erik Garcés

Una vez creado el Sub VI de Visión Assistant multiplicamos el valor por 2 para obtener la dimensión del diámetro y seguido de esto multiplicamos por el coeficiente para cambiar la dimensión de píxeles a milímetros y visualizar en la pantalla.

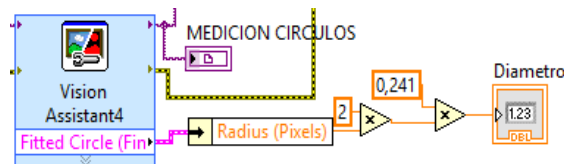


Figura 78-3. Medición de elementos circulares – Programación en diagrama de bloques
Fuente. Erik Garcés

3.6.2.5. Clasificación de colores

En este algoritmo se necesita una imagen a color por tal razón no utilizamos el bloque de extracción de color, posteriormente en los bloques de localización de color se carga una plantilla del color que deseamos sea identificado.

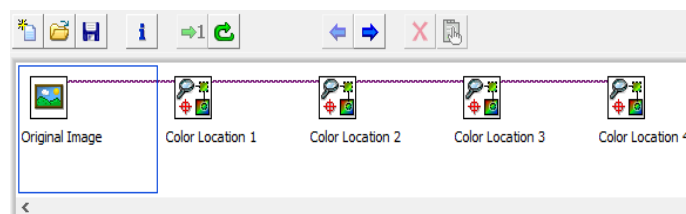


Figura 79-3. Clasificación de colores
Fuente. Erik Garcés

En los controles seleccionamos los controles “Number of Matches” el cual en el diagrama de bloques nos envía un valor booleano cuando detecta la presencia de un color programado, es decir que cuando detecta el color me envía un 1 y cuando no lo detecta envía un “0”.

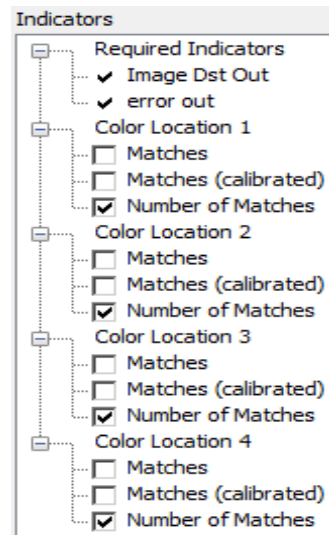


Figura 80-3. Controles – Clasificación de colores
Fuente. Erik Garcés.

En el diagrama de bloque conectamos los controles “Number of Matches” a un igual el cual encenderá un led indicador del color identificado.

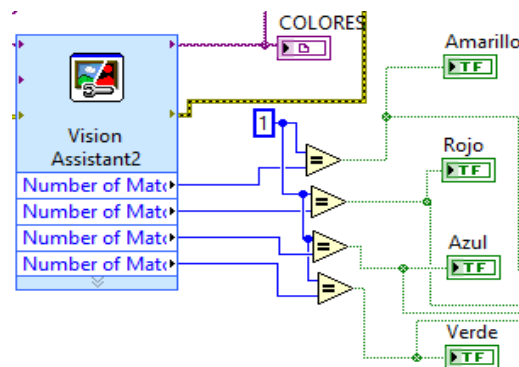


Figura 81-3. Clasificación de colores – Programación en Diagrama de Bloques
Fuente. Erik Garcés

3.6.2.6. Clasificación de figuras

El bloque de detección de figuras de acuerdo a su geometría detecta los bordes de una imagen, se aísla el resto de la imagen y se obtiene una plantilla del borde a identificar, para realizar este proceso se necesita una imagen sin color. Se han cargado 6 plantillas correspondientes a las figuras: Circulo, cuadrado, rectángulo, triangulo, pentágono y trapecio.

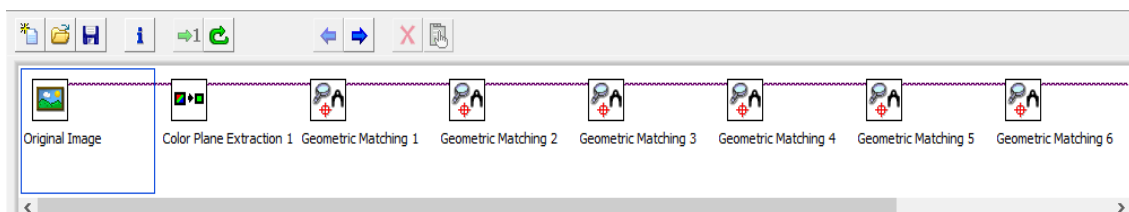


Figura 82-3. Clasificación de figuras
Fuente. Erik Garcés

Los controles para este bloque son “Number of Matches” y de igual forma envían un valor booleano al identificar una plantilla cargada en el bloque.

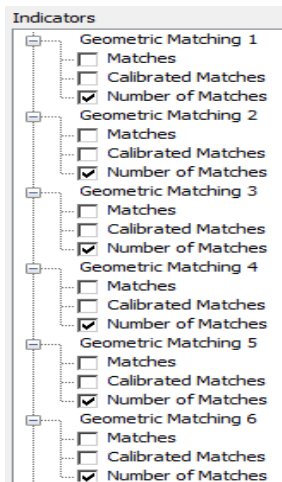


Figura 83-3. Controles – Clasificación de figuras
Fuente. Erik Garcés

En el diagrama de bloques se conecta los controles a un igual y estos a un led indicador el cual se enciende al ser identificado una figura.

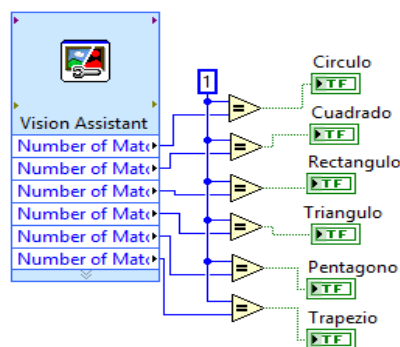


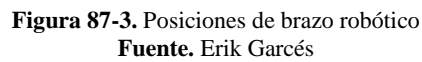
Figura 84-3. Clasificación de figuras - Programación en Diagrama de bloques
Fuente. Erik Garcés

3.6.3. Manipulación de objetos

Para facilitar la programación de los servomotores se crearon dos Sub VI's los cuales permiten controlar la velocidad, el sentido y los ángulos de giro.

Funcionamiento del Sub VI de Servomotor

Este Sub VI cuenta con dos estructuras, el “while loop” con un “shift register” en el cual ingresa el valor del ángulo inicial pasa por el “case structure” en el cual dependiendo del valor del booleano, verdadero o falso, incrementa o decrece en 1 el ángulo ingresado, el ángulo ingresa en el bloque “Servo Write Angle” de programación del “tool kit” de Arduino LabVIEW hasta que el valor llegue a ser igual al ángulo de salida y se detenga el while loop. El control de velocidad



Posición 1.- El movimiento del brazo robótico ubica a el elemento en la posición indicada en la figura xxx, los ángulos de los servomotores para llegar a esta posición son: 35°; 100°; 40°.

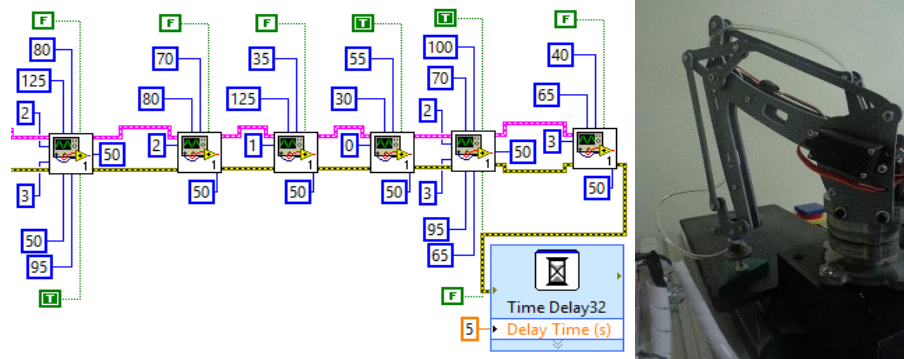


Figura 90-3. Posición 1 – Brazo Robótico.
Fuente. Erik Garcés.

Posición 2.- El movimiento del brazo robótico ubica al elemento en la posición indicada en la figura xxx, los ángulos de los servomotores para llegar a esta posición son: 60°; 160°; 75°.

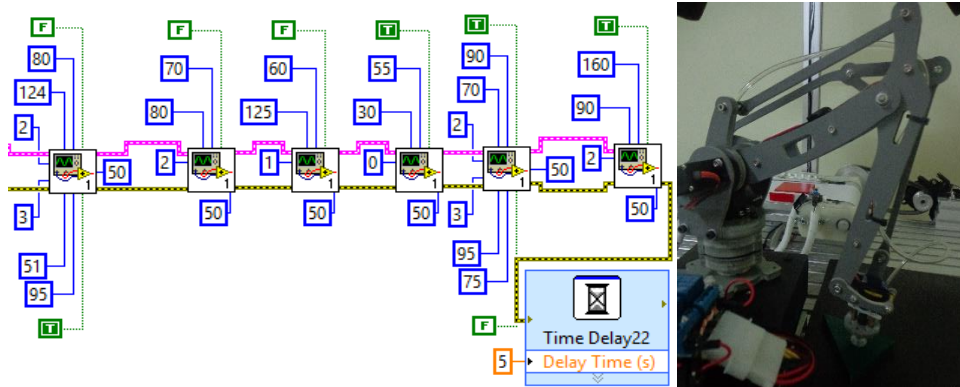


Figura 91-3. Posición 2 – Brazo Robótico.
Fuente. Erik Garcés.

Posición 3.- El movimiento del brazo robótico ubica al elemento en la posición indicada en la figura xxx, los ángulos de los servomotores para llegar a esta posición son: 25°; 160°; 75°.

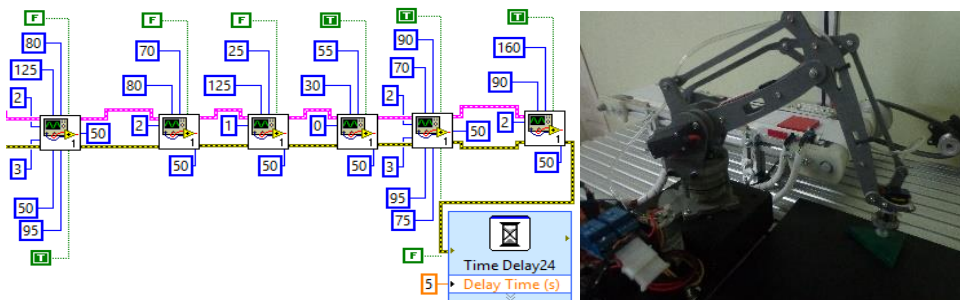


Figura 92-3. Posición 3 – Brazo Robótico.
Fuente. Erik Garcés.

Posición 4.- El movimiento del brazo robótico ubica al elemento en la posición indicada en la figura xxx, los ángulos de los servomotores para llegar a esta posición son: 55°; 140°; 60°.

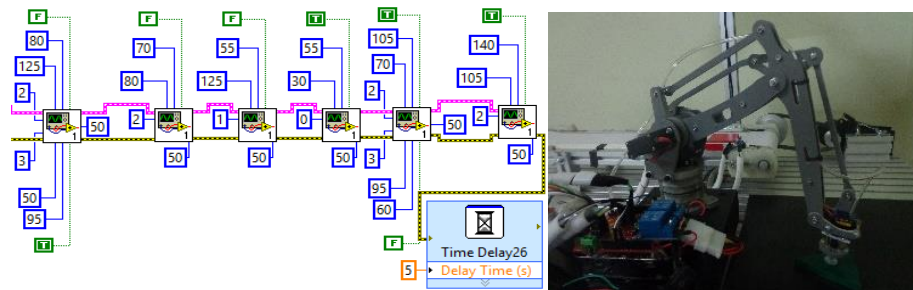


Figura 93-3. Posición 4 – Brazo Robótico.

Fuente. Erik Garcés.

Posición 5.- El movimiento del brazo robótico ubica al elemento en la posición indicada en la figura xxx, los ángulos de los servomotores para llegar a esta posición son: 33°; 140°; 55°.

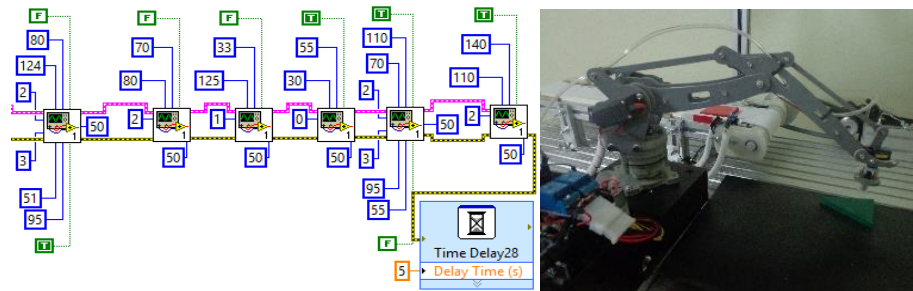


Figura 94-3. Posición 5 – Brazo Robótico.

Fuente. Erik Garcés.

Posición 6.- El movimiento del brazo robótico ubica al elemento en la posición indicada en la figura xxx, los ángulos de los servomotores para llegar a esta posición son: 50°; 100°; 40°.

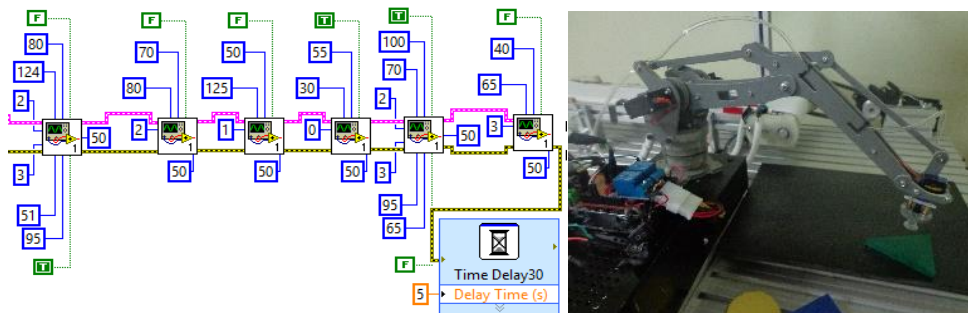


Figura 95-3. Posición 6 – Brazo Robótico.

Fuente. Erik Garcés.

3.6.4. Registro y Captura de imagen

En este bloque de programa se crea un “Path” en el que cada cierta iteración del “for loop” escribe la fecha, hora y segundo en la dirección donde se guardara la imagen.

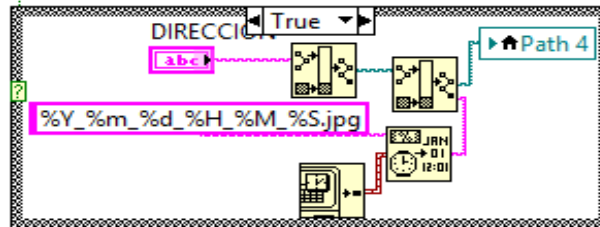


Figura 96-3. Registro y Captura de imagen
Fuente. Erik Garcés.

El Path ingresa en el bloque de programa “IMAQ Write File” y en esa dirección se guarda la imagen capturada.

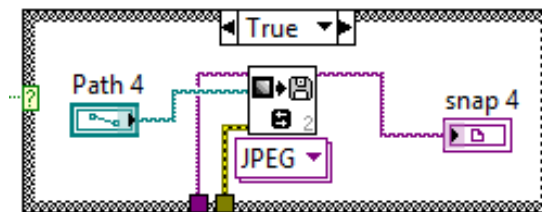


Figura 97-3. Guardar la imagen capturada.
Fuente. Erik Garcés.

3.6.5. Contador

El contador funciona con dos “select” en el primero cuando se enciende el led cambia a “true” y se suma 1 en el visor, y en el segundo “select” si se presiona el boton “RESET” regresara a 0 el contador. El bloque funciona dentro de un “for loop” que realiza un solo bucle.

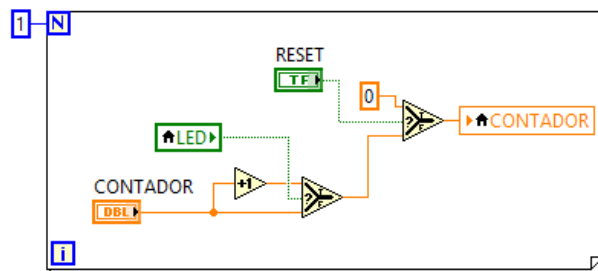


Figura 98-3. Contador
Fuente. Erik Garcés.

3.6.6. Registro en tablas

Para registrar cada valor que de los contadores y de las dimensiones ingresamos ese valor en “format into string” que toma datos numerico, de texto o booleanos y los convierte en texto para ingresarlo en un “array” y posteriormente salir a una tabla.

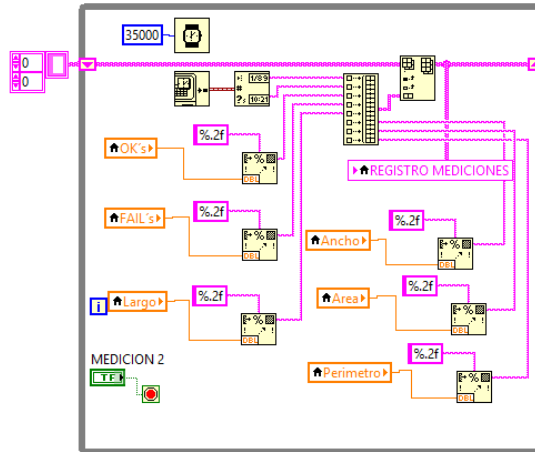


Figura 99-3. Registro de datos en tabla
Fuente. Erik Garcés.

3.6.7. Reporte en Excel

Una vez configurada la página de Excel con el nombre de página y los títulos en la columna se ingresa la tabla en el bloque “table to report” y ejecutar el reporte en una hoja de Excel.

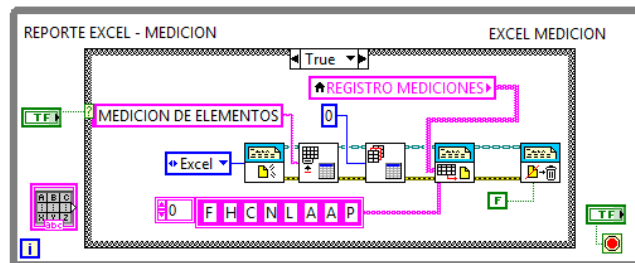


Figura 100-3. Reporte en Excel
Fuente. Erik Garcés.

3.7. Pruebas y funcionamiento

Se realizaron pruebas de los cuatro procesos antes mencionados para comparar el tiempo de respuesta del prototipo tecnológico en relación a un operario de género masculino y femenino, para cada proceso fueron tomadas 20 mediciones para su posterior análisis.

El tiempo fue medido desde el momento en que el elemento se encuentra en la posición de inspección hasta el momento de ser colocado en su respectivo lugar de clasificación considerando que el prototipo tecnológico además de clasificar colores, figuras, medir elementos rectangulares

y circulares lleva un registro que cuantifica los elementos inspeccionados, sus dimensiones y guarda una imagen que respalda a todos los datos antes mencionados, por lo tanto el operario y operaria realizaron esos mismo registros de forma manual ya que de esta manera se comparó de igual forma el tiempo de respuesta del prototipo tecnológico con todas sus funciones con la capacidad de un operario.

3.7.1. Clasificación de Colores

En la siguiente tabla se ha tomado 20 mediciones de tiempo de respuesta para el proceso de clasificación de colores, tomando en cuenta que los elementos llegaron a la estación de inspección de forma aleatoria y fueron clasificados en sus 4 posiciones respectivamente.

Número de Prueba	Tiempos de Respuesta (segundos)		
	Hombres	Mujeres	Prototipo Tecnológico
1	15,72	16,03	21,81
2	15,21	15,46	28,74
3	15,62	17,92	25,48
4	15,31	16,58	26,73
5	15,82	16,14	26,70
6	15,51	15,80	24,15
7	15,82	16,14	21,74
8	15,02	15,37	24,48
9	15,33	16,71	27,82
10	15,51	15,80	23,74
11	16,13	16,48	26,84
12	16,72	15,03	24,93
13	16,92	16,26	28,42
14	16,31	17,58	21,75
15	16,21	17,46	23,75
16	16,72	17,03	26,88
17	16,41	15,69	27,88
18	15,02	16,37	23,96
19	16,62	15,92	21,93
20	15,87	16,87	26,74
Media Aritmética =	15,82	16,20	25,21

Tabla 36-3. Tiempos de respuesta – Clasificación de colores
Fuente. Erik Garcés.

La media aritmética calculada representa el tiempo en que el operario y el prototipo tecnológico tardan en clasificar, registrar y fotografiar cada elemento inspeccionado, obteniendo como resultado que el operario de género masculino ha sido el más veloz en esta prueba, el operario de género femenino el segundo más veloz y el prototipo tecnológico el tercero en esta prueba.

Porcentaje de velocidad - clasificación de colores			
Operario	Medias Aritméticas	Prototipo Tecnológico	Diferencia
Operario Masculino	15,82	-	-
Operario Femenino	16,20	-	-
Media Aritmética	16,01	25,21	9,2
%			36,49

Tabla 37-3. Porcentaje de velocidad – Clasificación de colores

Fuente. Erik Garcés

Al calcular una media aritmética del tiempo de respuesta de los operarios y haciendo una diferencia con el tiempo de respuesta del prototipo tecnológico se obtiene que la diferencia de 9.2 segundos corresponde a un 36.49% de mayor velocidad de respuesta de los operarios.

3.7.2. Clasificación de Figuras

En el proceso de clasificación de figuras los operarios y el prototipo tecnológico responden a ordenar las figuras en 6 posiciones diferentes, se han realizado 20 pruebas de forma aleatoria y se ha medido el tiempo de respuesta.

Número de Pruebas	Tiempos de Respuesta (segundos)		
	Hombres	Mujeres	Prototipo Tecnológico
1	15,41	16,53	21,81
2	16,21	15,21	24,74
3	15,62	15,62	30,48
4	15,31	15,42	26,73
5	15,71	16,71	25,35
6	16,51	16,62	30,15
7	16,82	16,82	21,74
8	16,02	15,02	24,48
9	16,33	16,37	28,82
10	15,17	16,30	30,74

11	16,13	15,13	26,84
12	15,48	15,48	24,93
13	15,34	16,72	25,42
14	16,31	16,31	21,75
15	16,21	15,45	22,75
16	15,72	15,29	26,88
17	15,41	15,10	25,88
18	15,02	16,07	23,96
19	16,62	15,62	21,93
20	16,81	15,77	25,74
Media Aritmética=	15,87	15,70	25,39

Tabla 38-3. Tiempos de respuesta – Clasificación de Figuras
Fuente. Erik Garcés.

El tiempo es medido durante todo el proceso de clasificación, registro y fotografía de cada elemento de forma manual de igual forma que el prototipo tecnológico.

Porcentaje de velocidad – clasificación de figuras			
Operario	Medias Aritméticas	Prototipo Tecnológico	Diferencia
Operario Masculino	15,87	-	-
Operario Femenino	15,70	-	-
Media Aritmética	15,79	25,39	10,15
%			39,12

Tabla 39-3. Porcentaje de velocidad – Clasificación de figuras
Fuente. Erik Garcés.

Se calculó una media aritmética de la cual podemos evidenciar que los operario masculino y femenino son más veloces que el prototipo tecnológico en un 39.12%.

3.7.3. Medición de Elementos Rectangulares

Para el proceso de medición de elementos rectangulares el operario deberá medir con un calibrador el ancho y el largo del elemento, anotar las medidas y clasificarlo si está dentro de las medidas especificadas con anterioridad y tomar una fotografía del elemento, de igual manera que el prototipo tecnológico, sin tomar en cuenta que el prototipo calcula datos como área y perímetro de cada elemento.

Número de Pruebas	Tiempos de Respuesta (segundos)		
	Hombres	Mujeres	Prototipo Tecnológico
1	45,95	47,04	21,81
2	45,13	46,14	21,83
3	46,78	47,85	21,95
4	45,54	46,56	21,88
5	47,59	48,66	21,75
6	46,36	47,48	21,84
7	47,59	48,66	21,81
8	48,41	49,93	21,84
9	49,64	50,75	21,75
10	46,36	47,39	21,84
11	48,83	49,95	21,81
12	47,18	48,24	21,93
13	48,40	49,08	21,74
14	45,54	46,63	21,83
15	45,13	46,14	21,95
16	47,18	48,24	21,88
17	45,95	47,58	21,88
18	48,41	49,50	21,81
19	46,78	48,51	21,83
20	47,59	48,66	21,95
Media Aritmética =	46,98	48,24	21,84

Tabla 40-3. Tiempos de respuesta – Medición de elementos rectangulares.

Fuente. Erik Garcés.

Se realizaron 20 mediciones de tiempo de respuestas y se calcularon las medias aritméticas quedando a evidencia que el prototipo lleva una clara ventaja con respecto a los operarios.

Porcentaje de velocidad – medición de elementos rectangulares			
Operario	Medias Aritméticas	Prototipo Tecnológico	Diferencia
Operario Masculino	46,98	-	-
Operario Femenino	48,24	-	-
Media Aritmética	47,61	21,84	10,15
%			54,13

Tabla 41-3. Porcentaje de velocidad – Medición de elementos rectangulares

Fuente. Erik Garcés.

Con los datos obtenidos podemos decir que el prototipo tecnológico es más veloz que los operarios en un 54,13 % al momento de medir elementos rectangulares.

3.7.4. Medición de Elementos Circulares

Para esta prueba se medirá el diámetro del elemento y tomando en cuenta una tolerancia se comparó si el elemento cumple con la dimensión que se haya especifico con anterioridad, se llevará un registro y se tomará una fotografía del elemento.

Número de Pruebas	Tiempos de Respuesta (segundos)		
	Hombres	Mujeres	Prototipo Tecnológico
1	36,00	36,00	21,83
2	3,41	3,41	21,95
3	34,34	34,34	21,88
4	34,58	34,58	21,75
5	36,18	36,18	21,23
6	49,23	35,21	21,81
7	37,10	37,10	21,84
8	37,05	37,05	21,12
9	38,85	38,85	21,84
10	68,59	40,79	20,81
11	40,61	40,61	21,93
12	47,74	39,22	22,08
13	36,41	36,41	20,98
14	35,69	35,69	20,11
15	37,85	37,51	21,88
16	35,77	35,77	20,88
17	42,30	36,44	22,15
18	44,96	44,96	21,51
19	65,56	39,55	21,95
20	37,51	39,56	21,81
Media Aritmética =	37,30	36,75	21,82

Tabla 42-3. Tiempos de respuesta – Medición de elementos circulares.

Fuente. Erik Garcés.

El tiempo medido fue considerando que el operario no realizo el cálculo de área que el prototipo tecnológico arroja en la tabla de registros.

Porcentaje de velocidad – medición de elementos circulares			
Operario	Medias Aritméticas	Prototipo Tecnológico	Diferencia
Operario Masculino	37,30	-	-
Operario Femenino	36,75	-	-
Media Aritmética	37,03	21,84	15,19
%			41,02

Tabla 43-3. Porcentaje de velocidad – Medición de elementos circulares

Fuente. Erik Garcés.

De acuerdo con los datos obtenidos el prototipo tecnológico es más veloz en un 41,02% más que los operarios tomando en cuenta las consideraciones antes mencionadas.

3.7.5. Comparación de medias de los 4 procesos de medición

Se ha realizado una comparación entre las medias aritméticas obtenidas de los 4 procesos evaluados y se ha determinado que los operarios masculino y femenino tienen tiempos de respuestas semejantes.

Comparación de tiempos de respuesta				
Procesos	Medias Aritméticas			
	Hombres	Mujeres	Prototipo Tecnológico	%
Clasificación de Colores	15,82	16,20	25,21	36,49
Clasificación de Figuras	15,87	15,70	25,39	39,12
Medición de Elementos Circulares	39,15	39,22	21,82	41,02
Medición de Elementos Rectangulares	46,98	48,24	21,84	54,13
Media Aritmética	27,51	27,71	23,53	

Tabla 44-3. Comparación de tiempos de respuesta.

Fuentes. Erik Garcés.

Porcentaje de velocidad global			
Operario	Medias Aritméticas	Prototipo Tecnológico	Diferencia
Operario Masculino	27,51	-	-
Operario Femenino	27,71	-	-
Media Aritmética	27,61	23,53	4,08
%			14,68

Tabla 45-3. Porcentaje de velocidad global

Fuente. Erik Garcés.

Realizando una comparación de los 4 procesos, se ha determinado que el prototipo tecnológico es un 14,68% más veloz que los operarios.

CAPÍTULO IV

4. ESTUDIO DE COSTOS

4.1. Costos directos

Se puede identificar exactamente con una unidad producida; que no requiere de operaciones aritméticas para ser distribuido a cada unidad(«diccionariocontaysist.pdf»).

Costos de materiales para la construcción del prototipo				
Ítem	Cantidad	Detalle de equipo	Valor Unitario	Valor Total
1	6	Perfil 2350 Cedal	\$21,50	\$147
2	0,7 m	Eje de Nylon diámetro 90mm	\$4,25	\$2,96
3	0,3 m	Eje de acero de transmisión	\$ 15,55	\$4,67
4	4	Rodamientos JFK	\$ 2,65	\$10,60
5	2	Seguros metálicos	\$0,25	\$0,50
6	1	Banda de transmisión	\$7,25	\$7,25
7	1	Motor DC	\$25,00	\$25,00
8	1,5 m2	Tol	\$6,25	\$6,25
9	1	Cámara Web	\$32,00	\$32,00
10	0,3 m	Luz Led Blanca de alta intensidad	\$8,00	\$2,40
11	3	Angulo de Aluminio	\$11,55	\$11,55
12	30	Perno de una pulgada galvanizado	\$0,55	\$16,50
13	8	Perno de dos pulgadas y media galvanizado	\$0,85	\$6,80
14	45	Rodelas	\$0,20	\$9,00
15	25	Mariposas	\$0,35	\$8,75
16	13	Tuercas	\$0,25	\$3,25
17	1	Brazo robótico de 4 GDL	\$450,00	\$450,00
18	1	Bomba de diafragma Airpo D028B	\$43,25	\$43,25
19	1	Arduino Uno	\$32,00	\$32,00
20	2	Relé	\$2,50	\$5,00
21	1	Tarjeta perforada para Arduino Uno	\$12,45	\$12,45
22	2	Transistores TIP 121	\$0,85	\$1,70
23	25	Cables	\$0,25	\$6,25
24	2	Interruptores	\$0,40	\$0,80

25	1	Fuente de poder	\$15,25	\$15,25
26	1	Sensor infrarrojo IR	\$8,50	\$8,50
Total				\$869,50

Tabla 46-4. Costos Directos

Fuente: Erik Garcés.

4.2. Costos indirectos

Unidad producida mediante una operación aritmética. Gasto de fabricación. Costo que no puede ser atribuido a un producto determinado(«diccionariocontaysist.pdf»).

Costos de materiales para la construcción del prototipo				
Ítem	Cantidad	Detalle de equipo	Valor Unitario	Valor Total
2	1	Internet	\$ 150.00	\$ 150.00
3	1	Transporte	\$ 45.00	\$45.00
4	1	Materiales de Oficina	\$ 62.00	\$62.00
5	1	Trabajos de taller mecánico	\$165,00	\$165,00
			Total	\$422.00

Tabla 47-4. Costos Indirectos

Fuente: Erik Garcés.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El diseño y construcción de este prototipo integra conocimientos en el área de automatización, mecánica y electrónica, el diseño en SolidWorks permite optimizar los materiales al momento de la construcción, además realiza un análisis estático que determina que la estructura resiste las cargas impuestas.
- El entorno de programación grafica de LabVIEW facilita el desarrollo de aplicaciones enfocadas a la industrial y con la utilización de una tarjeta Arduino se pueden realizar adquisición de datos para desarrollar proyectos de alta confiabilidad y funcionales que permiten un mejor aprendizaje en materia de automatización a los estudiantes.
- La visión artificial en la industria tiene múltiples aplicaciones y puede reemplazar a varios instrumentos industriales reduciendo de esta manera la compra e implementación de los instrumentos reemplazados.
- En un sistema de visión artificial la iluminación es fundamental ya que influye en el aspecto de las imágenes obtenidas por la cámara, por esta razón la intensidad de luz debe ser controlada para realizar una adquisición de imágenes correcta.
- Tras realizar pruebas se ha determinado que el prototipo tecnológico es más veloz que los operarios en un 14,68%, además mediante la observación se evidencio cansancio físico y mental en los operarios, concluyendo que para realizar tareas repetitivas y de periodos largos el prototipo tecnológico es más confiable.
- El prototipo tecnológico es capaz de realizar varias tareas a la vez, como la adquisición y procesamiento de imágenes, conteo de elementos y cálculos aprovechando el procesamiento del computador que lo hace más eficiente y eficaz que un operario.
- Un brazo robótico es un instrumento muy completo y versátil que se puede adaptar a cualquier industria y realizar tareas diversas dependiendo de su aplicación.

5.2 RECOMENDACIONES

- El control de la luz ambiental y la utilización de una cámara especializada para procesos de visión artificial son aspectos esenciales a considerar para futuros trabajos en la rama de la automatización.
- El enfoque a un área más específica de la industria como pueden ser: ensamblajes de elementos o control de calidad son posibles áreas de investigación en las que puede ser utilizado el prototipo tecnológico.
- El color de la banda transportadora debe ser blanco para que no haya ningún contraste que pueda perjudicar a la captura de la imagen
- La velocidad de movimiento del brazo robótico cuando está moviendo un objeto debe ser controlada ya que un movimiento brusco podría resultar en la caída del objeto.

BIBLIOGRAFÍA

CREUS, A. Neumática e Hidráulica. España: Marcombo, 2007, pp. 25-35

DURAN, J. L. Electrotecnia. Becelona, España: Marcombo, 2012, pp. 85

PLATEA. Robots industriales [en línea]. [Consulta: 16 marzo 2017]. Disponible en: http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0708/archivos/_15/Tema_5.4.htm.

SOLIDWORKS. Análisis estructural. [en línea]. [Consulta: 16 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.solidworks.es/sw/products/simulation/structural-analysis.htm>.

ARDUINO-LABVIEW. [en línea]. [Consulta: 16 marzo 2017]. Disponible en: <http://proyecto987.es/blog/wp-content/uploads/2016/04/Arduino-LabVIEW.pdf>.

AUTOMATIZACION INDUSTRIAL, ¿Que es la Automatización Industrial? *Automatización industrial* [en línea]. [Consulta: 20 octubre 2016]. Disponible en: <https://automatizacionindustrial.wordpress.com/2011/02/09/queeslaautomatizacionindustrial/>.

GEAR HEAD | WebCams. [en línea]. [Consulta: 26 octubre 2016]. Disponible en: <http://www.pcgearhead.com/webcams.php>.

CASALINI GUSTAVO. Funcionamiento del relé. [en línea]. [Consulta: 17 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.taringa.net/posts/info/5800372/Funcionamiento-del-rele.html>.

LABVIEW. Visión Artificial [en línea]. [Consulta: 16 marzo 2017]. Disponible en: <https://sdei.unican.es/paginas/servicios/software/labview.aspx>.

ROBOTIC INDUSTRIES ASSOCIATION ON ROBOTICS ONLINE. Robotics Online [en línea]. [Consulta: 16 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.robotics.org/company-profile-detail.cfm/Internal/Robotic-Industries-Association/company/319>.